

VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM

БИБЛИОТЕКА
ФОТОЛЮБИТЕЛЯ



ФОТОАППАРАТЫ И ОПТИКА.

« ИСКУССТВО »

БИБЛИОТЕКА ФОТОЛЮБИТЕЛЯ

Выпуск 1

А. В. СОКОЛОВ, П. А. НОГИН

ФОТОАППАРАТЫ И ОПТИКА

*(Издание 2-е, исправленное
и дополненное)*

Под редакцией
канд. техн. наук Е. А. ИОФИСА

Государственное издательство
„ИСКУССТВО“
Москва 1958

РАЗДЕЛ I ФОТОАППАРАТЫ

АННОТАЦИЯ

Книга состоит из двух разделов. В разделе I рассматриваются фотоаппараты, выпущенные отечественной промышленностью, дается их характеристика, устройство и применение. В разделе II рассказывается о том, что представляет собой фотообъектив, о его основных свойствах и практическом использовании.

Книга рассчитана на широкий круг читателей, занимающихся фотолюбительской съемкой.

Отзывы о книге и замечания издательство просит направлять по адресу: Москва И-51, Цветной бульвар, 25, издательство „Искусство“.

УСТРОЙСТВО И КЛАССИФИКАЦИЯ АППАРАТОВ

СХЕМА ФОТОАППАРАТА И ЕГО ОСНОВНЫЕ ЧАСТИ

Фотоаппарат является сложным оптическим прибором, с помощью которого производится фотографическая съемка. В настоящее время существует большое количество самых разнообразных конструкций и типов фотографических аппаратов, однако все они действуют по одной общей принципиальной схеме.

Любой фотоаппарат имеет следующие основные части (рис. 1): объектив, затвор, светонепроницаемую камеру и кадровую рамку с устройством для укрепления и выравнивания фотографической пленки или пластинки.

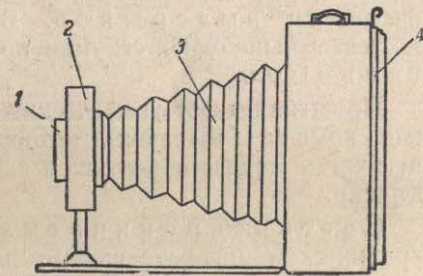


Рис. 1. Схема фотоаппарата:
1 — объектив, 2 — затвор, 3 — мех., 4 —
кадровая рамка

Объектив является самой важной частью фотоаппарата и представляет собой оптическую систему, состоящую из нескольких линз в оправе; он расположен в передней части фотоаппарата и служит для проецирования изображения фотографируемого предмета на светочувствительную пленку или пластинку. Фотографические объективы характеризуются рядом технических показателей, главные из которых — фокусное расстояние и светосила.

Фокусное расстояние обозначается в миллиметрах или сантиметрах, например $f=50$ мм, $f=13,5$ см.

От величины фокусного расстояния зависит масштаб изображения, который увеличивается пропорционально с увеличением фокусного расстояния.

Светосила — это способность объектива сообщать проецируемому им изображению ту или иную освещенность. Она зависит от величины действующего отверстия и фокусного расстояния. Под действующим отверстием имеют в виду отверстие, определяющее диаметр светового пучка, проходящего через объектив.

Фотографическим затвором называется специальный механизм, при помощи которого объектив открывается на строго определенное время и пропускает световые лучи, идущие на образование изображения. Он может помещаться перед объективом, между линзами, позади объектива или непосредственно перед светочувствительной поверхностью пленки или пластинки.

Время, на которое действующее отверстие объектива открывается при помощи светозащитных заслонок затвора, называется **выдержкой**. Выдержки продолжительностью меньше одной секунды принято называть **моментальными**.

Простейшим фотографическим затвором является обычная крышка (колпачок), которую надевают на наружную часть оправы объектива и снимают с него на время выдержки.

Светонепроницаемая камера в фотографическом аппарате служит для защиты светочувствительной пленки или пластинки от попадания на нее постороннего света помимо объектива. Камера может быть в виде деревянного ящика, металлической коробки или складывающегося меха из кожи.

Кадровая рамка является неотъемлемой частью каждого фотоаппарата. Окно кадровой рамки определяет формат и размеры снимка.

Позади кадровой рамки в каждом фотоаппарате имеется устройство, которое служит для закрепления в плоскости рамки светочувствительной пленки или пластинки в момент фотографирования. В пленочных фотоаппаратах — это отполированная металлическая пластинка размером несколько больше кадрового окна, позади которой имеются пружинки, благодаря чему она прижимает и выравнивает пленку.

В фотоаппаратах, работающих на пластинках или плоских пленках, кадровая рамка одновременно является и задней стенкой аппарата. Для закрепления кассет и обеспечения светонепроницаемости в ней имеются специальные пазы и замок.

В рассматриваемой схеме (см. рис. 1) объектив укрепляется в аппарате неподвижно, так, чтобы расстояние от него до плоскости кадровой рамки соответствовало фокусному расстоянию данного объектива.

Такой аппарат возможно использовать только для фотографирования предметов, находящихся на определенном расстоянии, называемом в фотографической практике «бесконечностью». Если объекты съемки расположены ближе, то для получения резких снимков объектив необходимо на некоторую величину выдвигать вперед, т. е. увеличивать расстояние между ним и плоскостью кадровой рамки. Для этой цели большинство современных фотоаппаратов имеет устройство, позволяющее изменять положение объектива. Это устройство называется *механизмом наводки на резкость*, или *механизмом фокусирования*. В некоторых аппаратах наводка на резкость осуществляется за счет выдвижения передней линзы объектива. В этом случае изменяется фокусное расстояние объектива в соответствии с расстоянием до объекта съемки.

Наиболее простая система наводки на резкость используется в фотоаппаратах, имеющих матовое стекло, которое устанавливается в кадровую рамку на место кассеты с пластинкой или пленкой.

Очень важным устройством, применяемым почти во всех аппаратах, является **видоискатель**, или **визир**, который служит для определения границ фотографируемого кадра и его компоновки.

В фотоаппаратах, не имеющих видоискателя, определение границ кадра производится непосредственно по матовому стеклу, одновременно с установкой объектива на резкость.

В зависимости от назначения съемки и применяемых материалов современные фотоаппараты имеют еще целый ряд дополнительных устройств и механизмов, которые создают необходимые эксплуатационные качества и в значительной степени определяют конструкцию и область применения аппарата.

КЛАССИФИКАЦИЯ ФОТОАППАРАТОВ

Фотоаппараты для обычных любительских и профессиональных съемок в соответствии с применяемым негативным материалом подразделяются на группы:

1. Фотоаппараты для работы на пластинках.
2. Фотоаппараты для работы на роликовой (катушечной) пленке шириной 60 мм.
3. Фотоаппараты для работы на перфорированной кинопленке шириной 35 мм.
4. Фотоаппараты для работы на пленке нестандартных размеров (например, миниатюрные фотоаппараты).

Пластиночные фотоаппараты чаще всего бывают с размерами кадра: $6,5 \times 9$, 9×12 и 13×18 см. Вместо пластинок в некоторых из них могут применяться также плоские форматные и роликовые (катушечные) пленки. Последние предварительно должны быть заряжены в специальную кассету (адаптер), имеющую одинаковые с камерой присоединительные размеры.

Форматы кадра фотоаппаратов для работы на роликовой (катушечной) пленке шириной 60 мм бывают: 6×9 , 6×6 и $4,5 \times 6$ см.

Фотоаппараты для работы на стандартной перфорированной кинопленке шириной 35 мм в последнее время являются наиболее распространенными. За небольшой формат кадра (в большинстве случаев 24×36 мм) их принято называть **м а л о ф о р м а т н ы м и**.

Фотоаппараты можно также различать и по другим признакам:

по типу камеры (жесткой конструкции или складные);

по системе наводки на резкость и приемам съемки (фотографирование с рук или со штатива).

Фотоаппараты жесткой конструкции. Жесткая конструкция камер (нескладывающихся) в настоящее время в основном применяется в малоформатных фотоаппаратах, имеющих небольшой формат кадра, и реже в аппаратах, работающих на катушечной пленке шириной 60 мм.

На камерной части фотоаппарата жесткой конструкции (корпусе) расположены все механизмы и органы управления. Объектив может быть как постоянно укрепленным в камере, так и съемным. В последнем случае камера имеет специальное посадочное гнездо, которое допускает быструю смену

объективов. Наводка на резкость производится с помощью червячной оправы или перемещением (отвинчиванием) передней линзы объектива. К фотоаппаратам, имеющим жесткую конструкцию корпуса, относятся: «Зоркий» (всех моделей), «Киев», «Любитель», «Старт» и т. д.

Складные «универсальные» фотоаппараты применяются для самых разнообразных съемок как с рук, так и со штатива. Они приспособлены для работы на пластинках, плоской форматной пленке и, при наличии специальных кассет, на роликовой пленке.

Корпус аппарата представляет собой коробку, изготовленную из металла, дерева или пластмассы. Передняя, открывающаяся крышка фиксируется в рабочем положении распорками с пружинами (рис. 2). На внутренней стороне

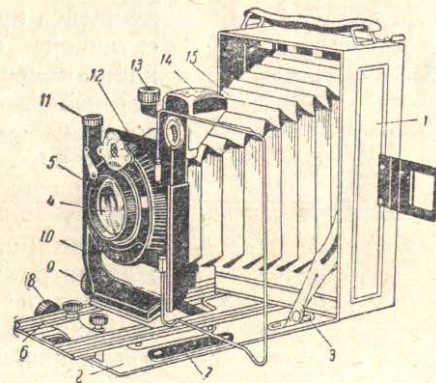


Рис. 2. Схема «универсального» фотоаппарата:

- 1 — корпус, 2 — передняя крышка корпуса, 3 — распорка, 4 — объектив, 5 — затвор, 6 — направляющие ползки, 7 — шкала расстояний, 8 — головка с накаткой механизма выдвижения объектива (кремальеры), 9 — головка винта горизонтального смещения объектива, 10 — объективная стойка, 11 — головка винта вертикального смещения объектива, 12 — объективная доска, 13 — уровень, 14 — зеркальный видоискатель, 15 — мех

крышки укреплены направляющие ползки, по которым движется каретка с объективной стойкой. Объектив, установленный в специальном гнезде, может перемещаться по вертикали и горизонтали в плоскости, перпендикулярной его оптической оси. Кожаный мех, служащий светонепроницаемой камерой, имеет двойное, а иногда и тройное ра-

стяжение. Задняя стенка корпуса оборудована устройством (пазы с замком) для закрепления кассет и рамки с матовым стеклом. Почти все современные модели «универсальных» аппаратов позволяют производить быструю установку сменных объективов с различными фокусными расстояниями. Наводка на резкость производится непосредственно по матовому стеклу, шкале расстояний, а в наиболее совершенных моделях камер и с помощью дальномера, сопряженного с выдвижением объектива.

К «универсальным» складным фотоаппаратам принадлежит выпускавшийся в довоенное время «Фотокор № 1».

Клапп-камеры представляют собой группу аппаратов, рассчитанных главным образом для фотографирования с рук. Вместо шарнирно укрепленной откидывающейся крышки с объективной стойкой в клапп-камере объектив установлен на передней доске, которая соединяется с корпусом при помощи распорок (рис. 3).

Такое устройство позволяет быстро, одним движением руки приводить аппарат в рабочее состояние. В настоящее время наиболее употребительным является формат $6,5 \times 9$ см. Камеры обычно конструируются для работы на пластинках. Однако в качестве

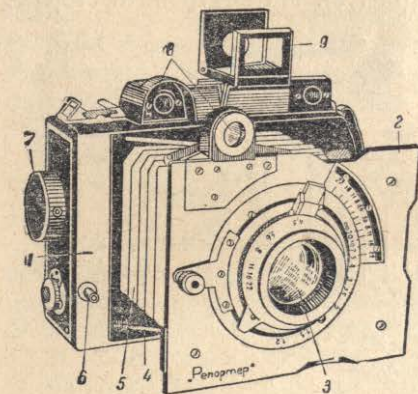


Рис. 3. Схема клапп-камеры:

1 — корпус, 2 — передняя доска, 3 — объектив, 4 — распорки, 5 — мех., 6 — спусковая кнопка затвора, 7 — заводная головка затвора, 8 — дальномер, 9 — видоискатель

негативного материала в них чаще всего используется роликовая пленка шириной 60 мм, которая предварительно заряжается в роликовую кассету. Наводка на резкость в клапп-камерах производится по дальномеру и шкале выдвижением распорок особой конструкции или с помощью червячной оправы объектива. Камеры могут иметь как штормо-щелевой затвор, смонтированный в корпусе, так и центральный, укрепленный на передней подвижной доске.

В СССР выпускались клапп-камеры «Репортер» и «Турист» с форматами кадров $6,5 \times 9$ см.

Складные пленочные фотоаппараты по внешнему виду напоминают «универсальные». Однако по своей конструктивной схеме и действию механизма распорок их скорей можно назвать видоизмененными клапп-камерами. Так же как и последние, они в основном приспособлены для фотографирования с рук.

Благодаря особой системе рычагов и распорок при нажатии кнопки-замка одновременно с открытием крышки передняя доска с объективом автоматически принимает необходимое зафиксированное положение (рис. 4). Наводка на резкость в этих камерах производится с помощью отвинчивающейся передней линзы объектива или выдвижением червячной оправы. Складные пленочные фотоаппараты весьма разнообразны. Большинство из них имеет дальномеры, сопряженные с механизмом фокусировки, и телескопические видоискатели. Наиболее распространен формат 6×9 см, реже 6×6 и $4,5 \times 6$ см. Такого типа аппараты бывают и малоформатные (24×36 мм), рассчитанные на 35-мм киноплёнку. К складным пленочным фотоаппаратам принадлежат: «Москва-2», «Москва-4» и «Москва-5».

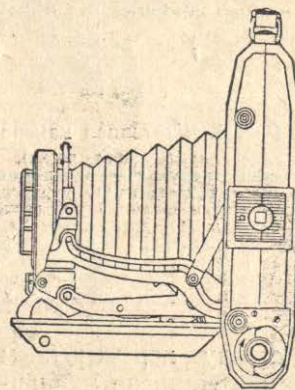


Рис. 4. Схема складного пленочного аппарата

Штативные фотокамеры представляют собой группу пластиночных складных фотоаппаратов с форматом кадра 13×18 и 18×24 см*. Это аппараты профессионального типа, приспособленные для работы со штатива. Чаще всего их применяют для фотографирования портретов, групп, различных технических съемок, для репродуцирования крупноформатных чертежей, карт и т. п. Корпус камеры изготавливается из прочного полированного дерева и состоит из трех основных частей: основания (нижней доски), передней стенки и задней подвижной стенки (рис. 5).

Штативные фотокамеры представляют собой группу пластиночных складных фотоаппаратов с форматом кадра 13×18 и 18×24 см*. Это аппараты профессионального типа, приспособленные для работы со штатива. Чаще всего их применяют для фотографирования портретов, групп, различных технических съемок, для репродуцирования крупноформатных чертежей, карт и т. п. Корпус камеры изготавливается из прочного полированного дерева и состоит из трех основных частей: основания (нижней доски), передней стенки и задней подвижной стенки (рис. 5).

* Встречаются штативные фотокамеры с форматом кадра 30×40 см.

На объективной доске передней стенки камеры укрепляется кольцо, в которое ввертывается объектив. Благодаря

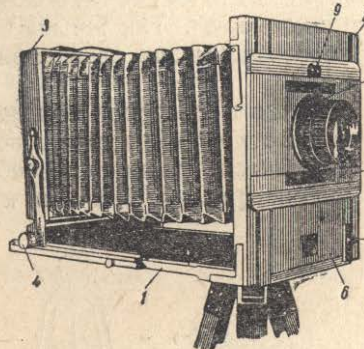


Рис. 5. Штативная камера:

1 — основание (нижняя доска), 2 — передняя стенка, 3 — задняя стенка, 4 — головка механизма перемещения задней стенки (наводка на резкость), 5 — объективная доска съемная, 6 — передвижная доска, 7 — винт, закрепляющий доску, 8 — передвижная доска в горизонтальном направлении, 9 — винт, закрепляющий доску

му стеклу перемещением задней стенки по направляющим ползкам с помощью кремальеры. Механизм камеры имеет двойное или тройное растяжение, что позволяет производить съемку в масштабе 1:1 и даже с увеличением.

Штативные камеры, как правило, не имеют ни затвора, ни видоискателя. Выдержка производится снятием с объектива и надеванием на него крышки. Для моментальных выдержек может быть применен специальный штормый затвор, устанавливаемый на время съемки на объектив. В СССР

устройству из двух подвижных рамок его можно сдвигать вверх, вниз и в стороны.

Помимо вертикального и горизонтального смещения объектива в камере имеется также устройство для уклонов кассетной части (задней стенки) по горизонтальной и вертикальной осям. Уклоны необходимы для устранения перспективных искажений и выравнивания резкости при архитектурных съемках и репродукциях (рис. 6).

Наводка на резкость осуществляется по матово-

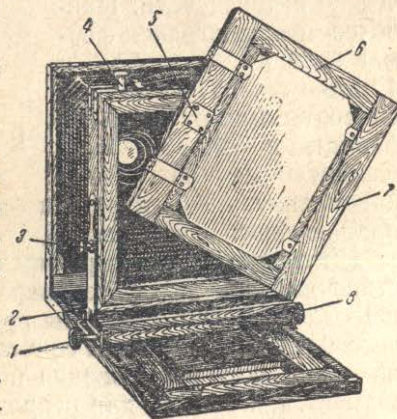


Рис. 6. Устройство задней стенки штативной камеры:

1 и 8 — гайка с накаткой и головка с накаткой, 2 — зубчатая рейка, 3 — винт с накаткой для закрепления задней стенки при ее наклонах, 4 — замок закрепления рамки с матовым стеклом, 5 — замок закрепления внутренней рамки матового стекла, 6 — внутренняя рамка с матовым стеклом, 7 — кассетная рамка

изготавливаются штативные камеры двух форматов: «ФК 13×18» и «ФК 18×24».

Зеркальные фотоаппараты отличаются наличием в конструкции камеры плоского зеркала, являющегося основным элементом системы наводки на резкость и визирования.

Принципиальная схема работы зеркального аппарата заключается в следующем: в светонепроницаемой камере на пути световых лучей, идущих от объектива к плоскости кадровой рамки в момент визирования и наводки на рез-

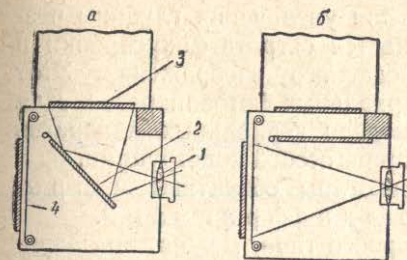


Рис. 7. Схема зеркального фотоаппарата:

1 — объектив, 2 — зеркало, 3 — матовое стекло, 4 — пленка

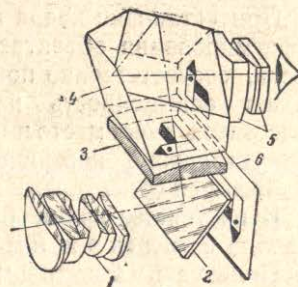


Рис. 8. Оптическая схема зеркального фотоаппарата с пентапризмой:

1 — объектив, 2 — зеркало, 3 — коллективная линза с нижней матированной плоскостью (матовое стекло), 4 — крышеобразная пентапризма, 5 — окуляр (система линз), 6 — пленка (кадровое окно)

кость под углом 45° к оптической оси объектива, устанавливается зеркало, отражающее лучи на матовое стекло, расположенное в верхней части камеры (рис. 7, а).

В момент съемки зеркало специальным механизмом поднимается вверх, закрывает собой матовое стекло и одновременно открывает доступ лучам, идущим от объектива к плоскости пленки или пластинки (рис. 7, б).

Использование зеркала дает возможность определять границы фотографируемого кадра и резкость вплоть до самого момента съемки, без замены матового стекла кассетой, как это делается в обычных фотоаппаратах.

Получение зеркального изображения (перевернутого слева направо), наблюдаемого на матовом стекле, а также необходимость съемки с уровня груди нередко создают ряд неудобств.

С целью улучшения системы в современных моделях камер сверху матового стекла устанавливается крышеобразная пентапризма. Оптическая схема в этом случае приобретает следующий вид (рис. 8). Из рисунка ясно, что при введении в систему пентапризмы с лупой изображение, наблюдаемое в окуляр, — прямое и увеличенное, а аппарат во время съемки находится на уровне глаз. Пентапризмой с лупой снабжаются зеркальные малоформатные фотоаппараты, работающие на перфорированной киноплёнке шириной 35 мм.

При установке кадра по матовому стеклу, в случае диафрагмирования объектива* для увеличения глубины резкости, соответственно понижается острота фокусировки и падает освещенность наблюдаемого изображения. Этот недостаток имеет место и в зеркальных фотоаппаратах. Для его устранения новейшие модели зеркальных аппаратов снабжаются объективами в оправе особой конструкции.

В настоящее время разработаны объективы с «прыгающей» и «нажимной» диафрагмами.

Пользуясь объективом первого типа, можно, предварительно установив по шкале требуемую для съемки диафрагму, производить наводку на резкость при полном действующем отверстии. Закрытие диафрагмы до установленного значения происходит автоматически при нажатии на спусковую кнопку затвора.

При наличии в аппарате объектива с «нажимной» диафрагмой наводка на резкость может производиться не только при полном отверстии, но и с той диафрагмой, которая требуется для съемки.

В этом случае объектив укрепляется в камере таким образом, что спусковая кнопка затвора является как бы продолжением кнопки устройства, закрывающего диафрагму перед моментом съемки. При нажатии кнопки объектива последовательно происходит закрывание диафрагмы до заданной величины и в конце нажатия — спуск затвора.

В последнее время с появлением этих новых устройств, устраняющих главные недостатки системы, зеркальные фотоаппараты применяются все шире и шире для самых разнообразных съемок, как с рук, так и со штатива. К зеркальным фотоаппаратам принадлежат: «Зенит», «Старт» и «Салют».

* Диафрагмирование — уменьшение действующего отверстия объектива. Пользование диафрагмой см. на стр. 149.

Двухобъективные зеркальные фотоаппараты составляют особую конструктивную группу. Как правило, формат кадра этих фотоаппаратов 6×6 см. Корпус аппарата имеет форму высокой прямоугольной коробки, которая перегородена на две самостоятельные камеры (рис. 9).

Нижняя половина коробки является обычным ящичным фотоаппаратом, а верхняя представляет собой усовершенствованный зеркальный видоискатель, имеющий механизм наводки на резкость.

Оба объектива — съемочный и видоискателя — сопряжены, и наводка на резкость объектива видоискателя и объектива съемочной камеры происходит одновременно.

Для обеспечения более точной и острой фокусировки объектив видоискателя имеет светосилу значительно большую, чем съемочный объектив.

Определение границ фотографируемого кадра из-за смещения оптических осей объективов по отношению друг к другу при съемке на близких расстояниях (параллакс) у аппаратов этой группы будет менее точным, чем это имеет место у зеркальных однообъективных фотоаппаратов.

Двухобъективные фотоаппараты благодаря своей конструктивной простоте широко применяются в любительской практике. Типичным представителем двухобъективного фотоаппарата является «Любитель».

Стереоскопические фотоаппараты предназначены для одновременной съемки двух отдельных изображений одного и того же предмета с двух точек зрения.

Такое фотографирование называется **стереосъемкой**, а полученные спаренные снимки — **стереопарой**.

Отпечатанная на позитивной пленке или бумаге стереопара устанавливается в стереоскоп, представляющий собой несложный прибор из двух линз и рамки и позволяющий видеть соответствующие изображения правым и левым глазом отдельно.

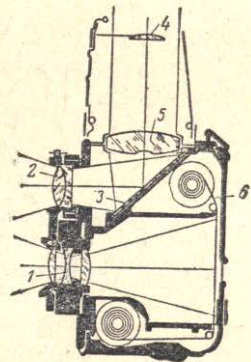


Рис. 9. Схема двухобъективного фотоаппарата (фотоаппарат «Любитель»):

1 — съемочный объектив, 2 — объектив видоискателя, 3 — зеркало, 4 — установочная лупа, 5 — линза видоискателя (собираательная), 6 — пленка

При рассматривании в стереоскопе два снимка стереопары сливаются в один общий снимок, в котором изображаемые предметы кажутся, как и в действительности, трехмерными (объемными), а также расположенными в пространстве (в глубину).

В настоящее время стереофотоаппараты выпускаются для работы на 35-мм киноплёнке и роликовой плёнке шириной

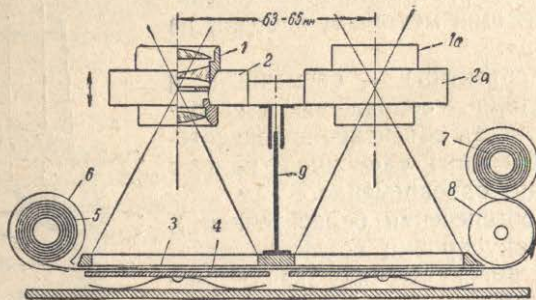


Рис. 10. Схема стереоскопического фотоаппарата: 1 и 1а — съёмочные объективы, 2 и 2а — затворы, 3 — кадровое окно, 4 — прижимная пластинка с пружинками, 5 — плёнка, 6 — кассета, 7 — приемная катушка, 8 — валик, 9 — перегородка

60 мм. Наиболее распространены форматы: 24×23 , 24×30 и 60×60 мм.

Корпус стереоскопического фотоаппарата обычно представляет собой удлиненную обтекаемой формы коробку, в которой последовательно расположены две самостоятельные светонепроницаемые камеры и кадровые рамки (рис. 10). На объективной доске горизонтально укрепляются два совершенно одинаковых объектива, которые имеют общий механизм наводки на резкость. Расстояние между их оптическими осями (стереобазис) чаще всего бывает 63—65 мм, что соответствует расстоянию между оптическими осями хрусталиков правого и левого глаза человека. Затвор стереокамеры независимо от его типа конструируется таким образом, что при любой выдержке экспонирование правого и левого кадров происходит строго одновременно.

Стереофотоаппараты применяются для различного вида научных и технических съемок, а также в любительской фотографии. К стереофотоаппаратам принадлежит фотоаппарат «Спутник».

МЕХАНИЗМЫ И УЗЛЫ

ФОТОГРАФИЧЕСКИЕ ЗАТВОРЫ И ИХ ТИПЫ

Затворы, устанавливаемые на современных фотоаппаратах, позволяют производить автоматически с большой точностью целый ряд моментальных выдержек и выдержки, регулируемые нажатием спусковой кнопки или рычага «от руки».

Затвор является основным механизмом фотографического аппарата и после съёмочного объектива, наряду с прочими весьма немногими элементами, предопределяет качество съемки и возможности использования аппарата.

Фотографическими и эксплуатационными показателями затворов, которые характеризуют их достоинства и недостатки, являются:

- 1) оптический коэффициент полезного действия затвора;
- 2) степень искажения изображения на фотоснимке в результате работы затвора;
- 3) точность даваемых затвором выдержек и диапазон их регулировки;
- 4) надежность работы затвора в различных условиях съемки.

Коротко поясним, что такое оптический коэффициент полезного действия.

Любой затвор, какой бы конструкции он ни был, не открывает действующего отверстия объектива мгновенно, а требует на это определенного, хотя и очень непродолжительного времени. Точно так же требуется какое-то время и на его закрытие. Следовательно, в течение всего цикла работы затвора только часть времени действующее отверстие объектива остается полностью открытым. Таким образом, работу затвора можно разделить на три фазы:

- 1) фаза открывания действующего отверстия объектива;
- 2) фаза полного открытия действующего отверстия;
- 3) фаза закрывания, т. е. время от начала уменьшения действующего отверстия до его полного закрытия.

Чем меньше времени в течение данной выдержки уйдет на открывание и закрывание действующего отверстия объектива, тем более продолжительное время оно будет полностью открыто и тем большее количество света за тот же самый отрезок времени пройдет через объектив и полнее

будет использована его светосила. На рис. 11 изображена схема работы затвора: $1/n$ сек. — продолжительность выдержки, a — фаза открывания действующего отверстия, b — фаза полного открытия и c — фаза закрывания.

Если по оси абсцисс отложить время данной выдержки, а по оси ординат соответствующие данным моментам площади действующего отверстия объектива, то мы получим кривую характеристики работы затвора (рис. 12).

В случае «идеального» затвора, т. е. такого, который бы мгновенно открывался и также мгновенно закрывался, эта

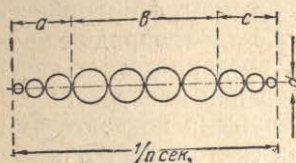


Рис 11. Схема работы затвора: d — диаметр открываемого отверстия

кривая совпала бы с прямыми, составляющими прямоугольник $odabec$, но такого затвора не может быть, а поэтому кривая примет какой-то другой вид, например $oabc$.

При мгновенном открытии и закрытии затвора количество света было бы пропорционально площади $odabec = P$. В данном случае оно пропорционально площади $oabc = Q$.

Отношение количества света, прошедшего за все время действия затвора, к тому количеству его, которое могло бы пройти через «идеальный» затвор в тот же промежуток времени, и определяет оптический коэффициент полезного действия затвора (к.п.д.). При простых формах отверстия, образуемого открытием светозащитных заслонок, его легко можно вычислить (например, к.п.д. шторных затворов) или найти экспериментальным путем, что чаще всего и делается при определении к.п.д. центральных затворов, имеющих сложную конфигурацию светозащитных заслонок.

Почти все фотографические затворы независимо от их конструкции имеют специальные регуляторы, с помощью которых возможно устанавливать требуемую при фотосъемках выдержку.

Конструктивно эти регуляторы выполнены в виде диска или кольца с нанесенной на них шкалой.

Моментальные выдержки, представляющие собой доли секунды, например $1/2$, $1/5$, $1/10$, $1/25$ сек. и т. д., на шкалах обозначаются как целые числа — 2, 5, 10, 25 и т. д. и заливаются черной краской*. Если затвор имеет автоматиче-

* Когда фон шкалы бывает черным, цифры, обозначающие моментальные выдержки, заливаются белой краской.

ские выдержки продолжительностью больше секунды, то обозначения их на шкалах заливаются красной краской.

Буквы В или Z^* обозначают такое положение механизма затвора, когда продолжительность выдержки регулируется от руки нажатием и отпусканием спускового рычага или кнопки.

В некоторых затворах имеется еще одно положение регулятора, обозначаемое буквами Д или T^* . В этом положении регулятора при нажатии спусковой кнопки или рычага затвор открывается, а

для того чтобы его закрыть, необходимо нажать кнопку или рычаг вторично. Такая работа затвора требуется, когда наводка на резкость в фотоаппарате производится по матовому стеклу или при очень продолжительной выдержке, исчисляемой секундами и более.

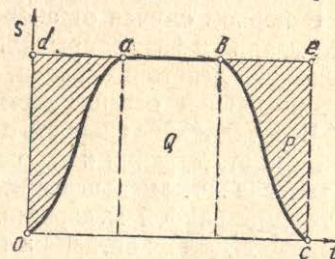


Рис. 12. Кривая характеристики работы затвора

В некоторых затворах, устанавливаемых в любительских фотоаппаратах, имеется дополнительное устройство для приведения механизма затвора в действие автоматически через определенный заданный отрезок времени. Оно позволяет фотографу без чьей-либо помощи сфотографироваться самому. Это устройство называется автоспуском.

Все затворы, устанавливаемые в фотоаппаратах общего назначения, по своим конструктивным особенностям можно разделить на две группы: центральные затворы и шторные (шторно-щелевые) затворы.

Центральные затворы применяются в фотоаппаратах самых различных типов и конструкций. Они, как правило, устанавливаются между линзами объектива. В некоторых очень редких случаях они устанавливаются и сзади него, однако это ухудшает качество получаемого изображения.

Центральные затворы имеют фотоаппараты «Фотокор», «Москва-4», «Москва-5», «Смена», «Любитель», «Спутник».

Центральные затворы отличаются от других типов фотографических затворов тем, что они открывают действующее

* В фотоаппаратах, выпускаемых в настоящее время, буквами Z и T выдержки не обозначаются.

отверстие объектива симметрично относительно его центра.

Центральный затвор, расположенный между линзами объектива, действует как междулинзовая диафрагма и, таким образом, обеспечивает ортоскопичность* получаемого изображения и равномерное распределение освещенности по всему полю кадра. Если затвор помещается позади объектива, то освещенность распределяется по полю кадра в соответствии с движением заслонок.

В первом случае от скорости движения заслонок (фаза открывания и фаза закрывания) будет зависеть коэффициент полезного действия затвора, а во втором — и равномерность распределения освещенности по полю кадра.

Чем медленнее скорость движения светозащитных заслонок при открывании и закрывании действующего отверстия объектива и чем меньше время оно будет полностью открыто в течение данной выдержки, тем меньше коэффициент полезного действия затвора и тем заметнее разница в фотографических плотностях между центром и краями снимка (для случая, если затвор установлен позади объектива). Поэтому лучшие фотографические и эксплуатационные качества имеет тот центральный затвор, у которого светозащитные заслонки действуют с большей скоростью.

К достоинствам центральных затворов нужно отнести:

- 1) отсутствие искажений изображения в результате работы затвора;
- 2) достаточно равномерное распределение освещенности по полю кадра (это относится только к междулинзовым затворам);
- 3) меньшая подверженность действию температурных колебаний, чем у шторных затворов: при смазке движущихся частей механизма незамерзающей смазкой многие центральные затворы работают устойчиво даже при сильном понижении температуры.

К недостаткам центральных затворов следует отнести:

- 1) более низкий коэффициент полезного действия (к.п.д.) по сравнению с к.п.д. шторных затворов; для современных затворов он составляет 60—80%;
- 2) меньшую минимальную скорость (моментальную выдержку) центральных затворов, которая обычно не бывает меньше $\frac{1}{250}$ — $\frac{1}{300}$ сек.

* Ортоскопия — свойство объектива передавать прямые линии без искажений.

Имеющаяся в некоторых затворах еще одна дополнительная предельно короткая для центральных затворов моментальная выдержка $\frac{1}{500}$ сек. — может применяться лишь в исключительных случаях, так как включающаяся при этом в работу вторая очень сильная пружина резко увеличивает нагрузки на движущиеся части затвора и приводит его к быстрому износу.

Поскольку центральный затвор с вмонтированным в его корпус объективом представляет собой вместе с последним один неразъемный узел, при замене одного объектива другим приходится одновременно менять и затвор. Такая система сменных объективов является достаточно сложной и громоздкой. Поэтому центральные затворы применяются главным образом в аппаратах, имеющих один постоянно укрепленный объектив, например фотоаппараты «Москва», «Любитель», «Смена» и т. д.

По конструктивным признакам различают два типа центральных затворов: автоматические и заводные.

К первому относится затвор «ГОМЗ», которым снабжались аппараты «Фотокор», он имеет моментальные выдержки $\frac{1}{25}$, $\frac{1}{50}$, $\frac{1}{100}$ сек. и выдержки «от руки», К и Д.

Ко второму типу относится затвор «Момент» (рис. 13). Он позволяет получать моментальные выдержки от 1 до $\frac{1}{250}$ сек. и выдержки, регулируемые нажатием на спусковой рычаг «от руки».

Затворами второго типа снабжены фотоаппараты «Москва» (всех моделей), «Любитель», «Смена», «Спутник».

Отличие заводных затворов заключается в том, что после установки на нужную скорость их надо заводить, поэтому внешне заводные затворы отличаются от автоматических наличием двух рычажков.

Автоматические затворы по сравнению с заводными имеют более слабую пружину, приводящую в действие светозащитные заслонки, поэтому заслонки в затворах этого типа с целью облегчения изготовления из эбонита или фибры.

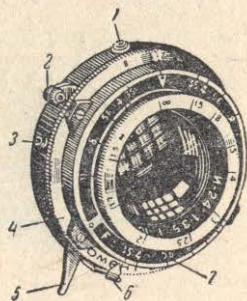


Рис. 13. Заводной центральный затвор «Момент-24С»:

1 — кнопка включения автоспуска, 2 — заводной рычажок, 3 — гнездо синхроустройства (синхроконтакт), 4 — кольцо регулировки выдержек, 5 — спусковой рычаг, 6 — поводок и указатель диафрагмы, 7 — шкала диафрагмы

К.п.д. автоматических затворов колеблется в пределах 50—55 %.

Наиболее совершенным типом центрального затвора является заводной затвор. Его конструкция позволяет увеличить скорость движения светозащитных заслонок до максимума за счет усиления главной и дополнительной пружин, приводящих затвор в действие. Принципиальная схема механизма светозащитных заслонок центрального затвора показана на рис. 14.

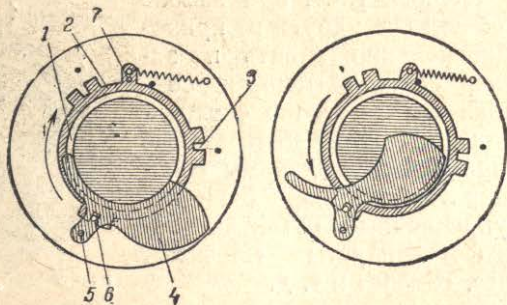


Рис. 14. Схема механизма светозащитных заслонок трехлепесткового центрального затвора

Кольцо 2, свободно вращающееся на кольцевой выточке 1 корпуса, имеет выступы со шлицами 3, количество которых соответствует количеству светозащитных заслонок 4. Каждая из заслонок шарнирно прикреплена к корпусу специальным винтом 5, а штифт 6, прикрепленный к заслонке, находится в шлице 3. При повороте кольца на некоторый угол (около 10—15°) заслонки отклоняются и открывают действующее отверстие объектива. Кольцо 2 имеет пружину (на схеме для наглядности показана спиральная пружина), которая работает на закрытие заслонок. Механизм светозащитных заслонок всегда расположен на внутреннем корпусе затвора на стороне, обращенной к плоскости диафрагмы. Он соединяется с приводным механизмом затвора с помощью пальца 7.

Показанная на рисунке схема действия заслонок является общей для большинства заводных трехлепестковых центральных затворов. Светозащитные заслонки заводных затворов обязательно изготавливаются из прочной листовой стали.

Теперь коротко рассмотрим, как работает приводной механизм затвора «Момент».

На рис. 15 показан механизм затвора «Момент» в заведенном состоянии. Кольцо регулировки выдержек снято. Принцип действия механизма заключается в следующем. При нажатии на спусковой рычаг 1 его нижний выступ 2 входит в вырез фигурного крючка 3, поворачивает крючок и освобождает от зацепления с ним заводное кольцо 4.

Под действием спиральной пружины 5 заводное кольцо начинает

вращаться и верхней, скошенной стороной 8 кулачка 6, шарнирно укрепленного на нем, отклоняет двуплечий рычаг 7 в сторону стрелки. Поскольку этот рычаг своим нижним концом 10 с помощью шлица и пальца связан с кольцом механизма заслонок, то одновременно с его отклонением открываются и светозащитные заслонки. При дальнейшем вращении кольца кулачок 6 соскакивает с отгибки 11 и имеющимся на нижней стороне выступом давит на зуб 9 и тем самым снова отклоняет двуплечий рычаг, но уже в противоположную сторону, соответствующую закрытию заслонок. Изменение выдержек производится с помощью регулировочного кольца (рис. 16), имеющего три выреза сложной формы.

Кривая выреза 1 управляет зацеплением анкера с анкерным колесом. Кривая выреза 3 регулирует зацепление кулачка зубчатого сектора анкерного механизма с выступом заводного кольца. Кривая выреза 6 включает рычаги выдержки «от руки» и дополнительную пружину при установке затвора на $\frac{1}{250}$ сек.

Установка регулировочного кольца, показанная на рисунке, соответствует моментальной выдержке продолжительностью $\frac{1}{100}$ сек. Вырезом 1 отгибка эксцентрика 2 отведена кверху, и анкер выключен. Штифт 4, укрепленный на зубчатом секторе анкерного механизма, находится в положении, при котором кулачок зубчатого сектора минимально зацепляется с выступом заводного кольца в момент действия затвора; 5 — кольцо регулировки выдержек. 9 — отгибка рычага выдержек «от руки»; этот рычаг работает спаренно с рычагом 10 и включается при установке регулировочного кольца на В (выдержка «от руки»).

Верхний конец выреза 6 имеет выступ 8, которым при установке регулировочного кольца на $\frac{1}{250}$ сек. заводится дополнительная пружина 7, увеличивающая скорость движения заводного кольца во время работы затвора.

На рис. 17 показан механизм затвора со снятым регулировочным кольцом в нерабочем состоянии.

Движение заводного рычага остановлено упором 1. Отгибка эксцентрика, включающего анкер 2. На снимке анкер находится в зацеплении с анкерным колесом; 3 — кулачок зубчатого сектора анкерного механизма; 4 — регулировочный штифт зубчатого сектора; 5 — выступ заводного кольца (отгибка).

Механизм анкерного торможения (рис. 18) действует следующим образом: при нажатии отгибки заводного кольца затвора на выступ 1 зубчатого сектора 2 последний поворачивается на оси 4 в направлении стрелки и приводит в движение ряд зубчатых колес и анкерное колесо 5. Торможение происходит за счет последовательного нарастания скорости

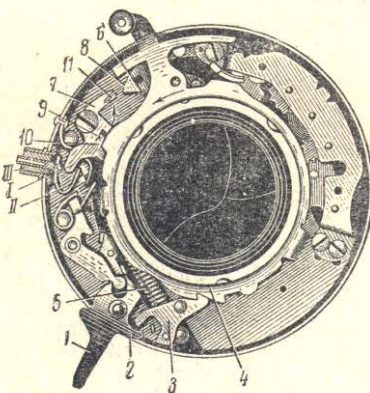


Рис. 15. Механизм затвора «Момент» в заведенном состоянии со снятым кольцом регулировки выдержек

движения зубчатых колес и дополнительной нагрузки на анкерное колесо 5, которое при вращении качает анкер 6. Величина торможения зависит от угла поворота зубчатого сектора 2 и зацепления анкерного колеса 5 с анкером 6, который укреплен на эксцентричном кулачке 8. Зацепление анкера 6 с колесом 5 регулируется нажатием выступа регулировочного кольца на отгибку 7. Угол поворота зубчатого сектора устанавливается кольцом регулировки выдержек (см. рис. 16) и штифтом 4.

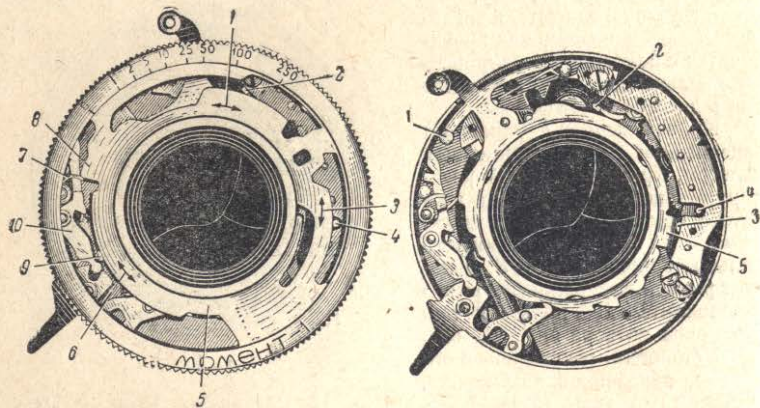


Рис. 16. Механизм затвора «Момент» с надетым кольцом регулировки выдержек

Рис. 17. Механизм затвора «Момент» в нерабочем состоянии со снятым кольцом регулировки выдержек

Затвор «Момент-24С», установленный в фотоаппарате «Москва-5», имеет вмонтированный в корпус авто спуск.

Устройство автоспуска принципиально не отличается от механизма замедленных выдержек.

Так же как и последний, он представляет собой систему зубчатых колес с анкерным спуском, но без регулировки зацепления анкерной вилки с анкерным колесом. Количество зубчатых колес увеличено, что обеспечивает более длительное затормаживание (7—15 сек.).

На заводном кольце затвора (рис. 19) помимо выступа 11 имеется дополнительный выступ 10 и шарнирно укрепленный на оси 12 крючок 7 с пружиной (скрыта под кольцом), которая отжимает его в сторону, указанную стрелкой.

Специальный подвижной упор с кнопкой, выведенной на наружную часть корпуса (см. рис. 13), позволяет (при дополнительном нажатии на кнопку) во время взвода затвора по-

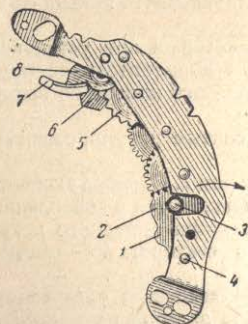


Рис. 18. Анкерный механизм затвора «Момент»

вернуть заводное кольцо 1 несколько дальше, чем обычно. Повернутое в крайнее положение кольцо 1 удерживается фигурным крючком 4, а крючок 7 одновременно зацепляется за один из выступов барабанчика 6, жестко укрепленного на оси зубчатого колеса 5.

При нажатии на спусковой рычаг 2 фигурный крючок 4 освобождает заводное кольцо, которое под действием пружины 3 начинает вращаться. Однако его вращение сильно замедляется, так как крючок 7, укрепленный на нем, оказывается сцепленным с барабанчиком 6.

Преодолевая сопротивление анкерного механизма, заводное кольцо медленно поворачивается в правую сторону (в течение 7—15 сек.), и крючок 7 подходит вплотную к выступу 8, имеющемуся на верхней пластинке механизма автоспуска. Благодаря отгибке 9 крючок 7, отклоняясь в сторону, противоположную стрелке, расцепляется (срывается с выступа барабанчика) с авто-спуском, и затвор начинает действовать.

Фотоаппараты «Любитель», «Смена» и «Спутник» имеют центральный затвор упрощенной конструкции (рис. 20).

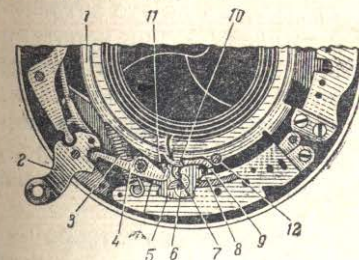


Рис. 19. Автоспуск затвора «Момент»

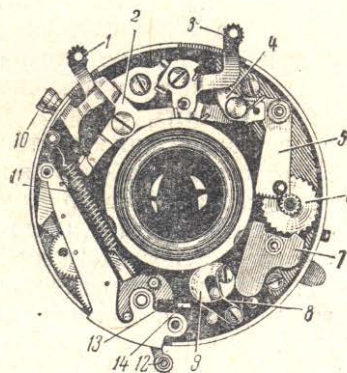


Рис. 20. Затвор фотоаппаратов «Любитель», «Смена», «Спутник» со снятым кольцом регулировки выдержек:

1 — спусковой рычаг, 2 — рычаг выдержки «от руки», 3 — заводной рычаг, 4 — кулачок зубчатого сектора, 5 — зубчатый сектор, 6 — анкерное колесо, 7 — анкер, 8 — пружина кольца светозащитных заслонок (лепестков), 9 — кольцо светозащитных заслонок, 10 — гнездо спускового тросика, 11 — пружина автоспуска, 12 — заводной рычажок автоспуска, 13 — выемка заводного рычажка автоспуска, 14 — штифт кольца светозащитных заслонок

Затвор обеспечивает получение четырех автоматических выдержек: $1/10$, $1/25$, $1/50$ и $1/100$ сек. и выдержку «от руки» В.

Механизм анкерного торможения состоит из трех основных деталей: зубчатого сектора, анкерного колеса и анкера (качающейся вилки). Продолжительность выдержки зависит от степени зацепления зубчатого сектора с анкерным колесом. Установка выдержек производится регулировочным кольцом, имеющим фигурные вырезы, которые аналогичны вырезам на регулировочном кольце «Момент».

В настоящее время затворы этого типа выпускаются в двух вариантах — без механизма автоспуска и с автоспуском.

По своему устройству механизм автоспуска отличается наличием спиральной пружины, приводящей его в действие, и дополнительного

заводного рычажка. Затвор включается после возвращения заводного рычажка в первоначальное положение (выемка 13 устанавливается против штифта 14, укрепленного на кольце светозащитных заслонок, и не мешает его вращению).

Шторные (шторно-щелевые) затворы в последнее время нашли применение главным образом в малоформатных фотоаппаратах, работающих на киноплёнке шириной 35 мм.

Шторный затвор устанавливается в камерной части аппарата в непосредственной близости к плоскости фотографической плёнки или пластины.

Затворами этого типа снабжены фотоаппараты «Зоркий», «ФЭД», «Зенит», «Старт», «Киев» и «Салют».

Действие шторного затвора независимо от его конструкции и системы заключается в следующем. Щель, имеющаяся в светозащитной шторке, через которую проникает свет, идущий от объектива, и которая находится во время работы затвора в непосредственной близости к кадровой рамке аппарата, пробегает перед пластинкой или плёнкой, быстро перемещаясь в плоскости, перпендикулярной оптической оси объектива.

Так как щель не может мгновенно пробежать площадь кадра от одной его стороны до другой, но на это затрачивается какой-то определенный, правда, очень короткий отрезок времени, то и освещение пластинки или плёнки происходит не одновременно, а последовательно, участками, по мере продвижения щели. Например, если шторка движется в направлении слева направо (рис. 21), то левая часть кадра будет проэкспонирована по времени раньше, чем его правая часть.

Первым и основным достоинством шторного затвора является высокий коэффициент полезного действия, который в некоторых случаях может быть более 95 %. Это объясняется выгодным расположением шторного затвора в непосредственной близости к кадровой рамке аппарата.

Вторым достоинством шторного затвора является широкая возможность регулировки моментальных выдержек. Минимальная выдержка шторных затворов в некоторых моделях достигает $\frac{1}{1500}$ сек., а максимальная автоматическая выдержка — 1 сек. и более.

Такой диапазон скоростей объясняется тем, что в затворах этого типа выдержки можно регулировать как за счет изменения ширины щели, так и за счет быстроты движения шторок.

Третьим весьма существенным достоинством шторного затвора является сравнительная простота конструкции, надежность и долговечность.

К недостаткам шторных затворов необходимо отнести следующее:

1) смещение (искажение) отдельных элементов изобра-

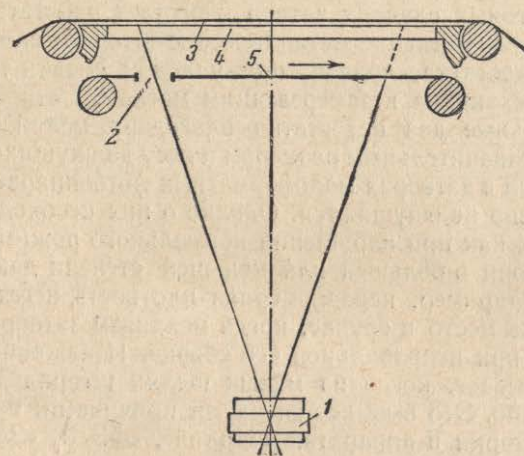


Рис. 21. Схема действия шторного затвора:
1 — объектив, 2 — щель шторки, 3 — плёнка, 4 — окно кадровой рамки, 5 — шторка

жения на фотоснимке при фотографировании быстро движущихся объектов; это происходит вследствие освещения площади кадра не одновременно, а последовательно, по мере продвижения щели; при одинаковых условиях съемки оно будет тем больше, чем меньше ширина щели и скорость движения шторок, чем больше формат кадра и фокусное расстояние объектива;

2) непостоянство экспозиции для различных полос фотоснимка; это происходит в силу того, что щель, образуемая шторками, пробегает перед плоскостью кадра с некоторым ускорением, так как пружины валиков, наматывающих шторки, в начале действия затвора преодолевают инерцию механизма; разница в скоростях в начале и конце движения шторок на средних выдержках около $\frac{1}{100}$ сек. при большом формате кадра иногда достигает до 40 % и более.

Необходимо остановиться еще на одном недостатке шторных затворов, связанном с применением в затворах прорезиненной ткани, из которой изготавливаются шторки. Дело в том, что шторная ткань, покрытая слоем резины, при низкой температуре становится менее эластичной, вследствие чего в механизме появляются дополнительные нагрузки и скорости движения шторок резко снижаются, а в некоторых случаях затвор перестает работать совсем.

Затворы, имеющие металлические шторки, свободны от этого недостатка, правда, при условии смазки трущихся частей механизма незамерзающим маслом.

Остальные два недостатка благодаря малой площади кадра, незначительным размерам и весу движущихся частей механизма в затворах малоформатных фотоаппаратов почти совершенно не ощущаются. Однако о них необходимо помнить, так как при нарушении нормального режима работы затвора они в большей или меньшей степени дают о себе знать. Например, неравномерная плотность негативов может иметь место в случае, когда механизм затвора загрязнен, или при неправильной его сборке. Искажение изображения бывает, когда на малых щелях шторка двигается замедленно. Это вызывается двумя причинами: при замерзании шторки в аппаратах «Зоркий», «ФЭД», «Зенит» или при разрегулировке механизма у аппарата «Киев».

По своим конструктивным признакам шторные затворы делятся на две группы: 1) затворы, имеющие шторку со щелью постоянной ширины или несколькими различными щелями, 2) затворы, имеющие шторки с регулируемой щелью.

Затворы с постоянной щелью (щелями) в настоящее время почти не применяются, за исключением очень немногих фотоаппаратов специального назначения.

Затворы второй группы применяются во многих современных фотоаппаратах. Остановимся подробнее на двух основных затворах этой группы.

Затвор фотоаппаратов «Зоркий» и «ФЭД» (рис. 22). Механизм затвора смонтирован на верхней крышке аппарата и в специальном корпусе, задняя часть которого одновременно является и кадровой рамкой.

Светозащитные шторки 1 и 2 изготовлены из шелковой прорезиненной ткани. Рабочие кромки шторок заканчиваются стальными планками 26 и 27, к которым пришиты шелковые ленточки 3 и 4. К барабану 5 при-

клеена шторка 2, а к барабану 6 приклеены ленточки 4, являющиеся продолжением шторки 1.

Шторка 1 приклеена к барабану 28, а ленточки 3 — к шкивам 15. Барабан 28 свободно вращается на оси 13 и связан посредством штифта 22, входящего в круглое отверстие, имеющееся в торцевой части барабана, с кулачком 21, который также свободно вращается на оси 13. Шкивки 15 посредством стопорных винтов жестко укреплены на оси 13 и благодаря пазу 14, имеющемуся в торце верхнего шкива, могут по-

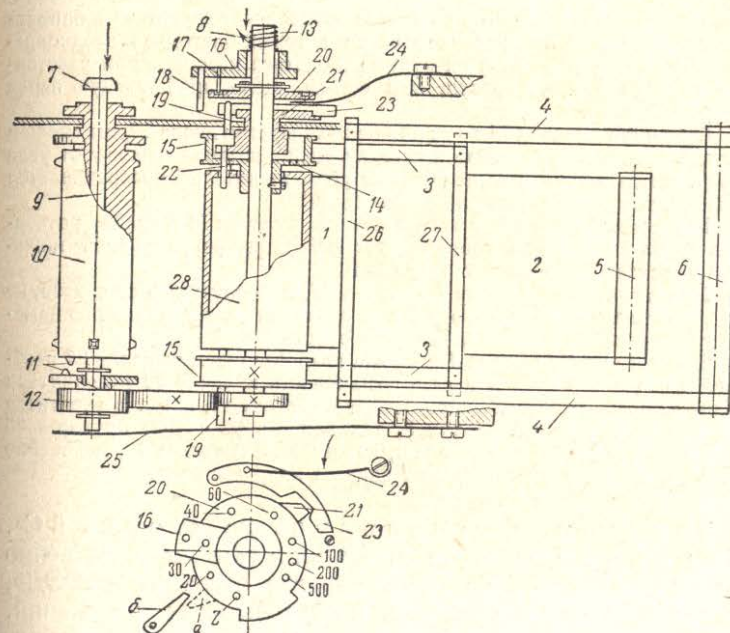


Рис. 22. Схема действия механизма шторок затвора фотоаппаратов «Зоркий» и «ФЭД»

ворачиваться вместе с осью 13 почти на полный оборот. Независимо от барабана 28 на оси 13 жестко укреплен диск 20 с отверстиями, количество которых и определяет количество выдержек затвора. Свободно вращающийся на оси 13 кулачок 16 с помощью спиральной пружины 8 и штифта 17 фиксируется в положении, соответствующем какому-либо одному из отверстий диска 20, и таким образом оказывается жестко связанным через ось 13 со шкивами 15.

В момент нажатия спусковой кнопки 7 благодаря имеющемуся выступу на оси 9 зубчатое колесо 12 освобождается от задерживающего его штифта 11, находящегося на торце барабана 10. Одновременно ось 9 отжимает сильную плоскую пружину 25, которая перестает надавливать на стержень 19 и поднимать его вверх вместе с защелкой 23, а освобождаемая от воздействия пружины 25 защелка 23 под действием проволо-

ной пружины 24 опускается вниз и своим выступом захватывает зуб кулачка 21, задерживая тем самым шторку 1 от раскручивания ее с барабана 28. В это же время под действием спиральной пружины, находящейся внутри барабана 5, шторка 2 начинает на него наматываться и с помощью ленточек 3 вращает шкивки 15. Со шкивками 15 вращается и ось 13 вместе с кулачком 16. Кулачок 16, повернувшись на некоторый угол, пальцем 18, дойдя до защелки 23 со стороны стержня 19, отводит ее в сторону и освобождает зуб кулачка 21. Шторка 1 под действием пружины барабана 6 начинает сматываться с барабана 28. Таким образом, уже не одна, а обе шторки вместе продолжают двигаться в направлении барабанов 5 и 6, рабочие кромки которых благодаря одновременному началу движения их будут находиться на некотором расстоянии друг от друга, образуя, тем самым, щель, пробегающую перед кадровым окном.

Фиксируя кулачок 16 в том или ином отверстии диска 20, мы сможем соответственно регулировать и ширину щели, которая зависит от угла поворота кулачка 16, т. е. чем больше угол, на который поворачивается кулачок, тем больше будет и ширина щели.

Разберем случай, когда мы установили кулачок 16 в крайнем отверстии диска 20, которое соответствует выдержке, регулируемой нажатием спусковой кнопки «от руки» — В.

При нажатии на кнопку 7 кулачок 16, повернувшись до отказа, не дойдет до защелки 23, а шторка 2 в то же время успеет полностью наматываться на барабан и откроет кадровое окно.

Для того чтобы шторка 1 закрыла кадровое окно, защелке 23 необходимо подняться кверху и дать возможность кулачку 21 повернуться вместе с барабаном 28. Это произойдет в тот момент, когда прекратится нажатие на спусковую кнопку 7, так как в этом случае пружина 25 примет свое исходное положение и, нажимая на стержень 19, мгновенно поднимет защелку 23, а шторка 1 закроет кадровое окно.

Затворы фотоаппаратов «Зоркий-С», «Зоркий-2С», «ФЭД-2» и «Зенит-С» несущественно отличаются от затвора фотоаппаратов «Зоркий» и «ФЭД», за исключением некоторых незначительных изменений, связанных со специфическими конструктивными особенностями аппаратов.

Затвор фотоаппарата «Зоркий-3» принципиально также не отличается от затвора аппаратов «Зоркий» и «ФЭД», но имеет расширенный диапазон выдержек как в сторону коротких ($1/1000$ сек.), так и замедленных автоматических выдержек продолжительностью более $1/20$ сек. Выдержка $1/1000$ сек. в затворе фотоаппарата «Зоркий-3» получается за счет имеющегося дополнительного отверстия в диске 20 рядом с отверстием, соответствующим выдержке $1/500$ сек.

Для получения замедленных автоматических выдержек в затворе имеется механизм анкерного торможения и ряд вспомогательных деталей, обеспечивающих его включение.

Проследим, как работает затвор при включенном анкерном механизме (см. рис. 22).

При нажатии на спусковую кнопку кулачок 16, зафиксированный в предпоследнем отверстии диска 20, одновременно с полным открытием шторки 2 откинет в сторону защелку 23 и освободит зуб кулачка 21 от зацепления с ней. Поскольку кулачок имеет второй зуб *a* (показан пунктиром), то движение шторки 1 задерживается рычагом 6, шарнирно связанным с зубчатым сектором анкерного механизма на время, необходимое для преодоления торможения.

Таким образом, в зависимости от степени зацепления зуба *a* с рычагом 6 будет и продолжительность задержки движения кулачка 21, а следовательно, и шторки 1.

Автоматические замедленные выдержки (от $1/20$ до 1 сек.) регулируются специальной головкой, установленной на передней части камеры.

Представляет интерес механизм замедленных автоматических выдержек, установленный в новых фотоаппаратах «Зоркий-3С», «Зоркий-4С», «Старт» и «Ленинград» (рис. 23).

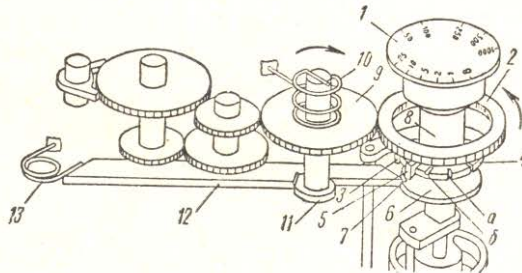


Рис. 23. Схема механизма замедленных выдержек затвора аппаратов «Зоркий-3С», «Зоркий-4», «Старт» и «Ленинград»

Отличительной особенностью механизма является наличие специальной проволоочной пружины 10, приводящей в действие зубчатые колеса.

Регулировка замедленных выдержек и выдержек короче $1/25$ сек. в этих аппаратах производится одной головкой 1, расположенной на верхней крышке камеры.

На диске экспозиций 4 вместо отверстий имеются сквозные прорези *a* и неполные прорезы (шлифы) *b*.

Если зуб 5 установить в неполную прорезь (шлиф), он приподнимется над диском 4, и затвор в этом случае будет давать одну из замедленных выдержек.

Во время взвода механизма затвора, а следовательно, и поворота диска 4 с кулачком 6 зуб 5, упираясь в штифт 3, поворачивает (в сторону, указанную стрелкой) зубчатое кольцо 2 и таким образом заводит

анкерный механизм. Одновременно поворачивается кулачок 11, жестко укрепленный на оси колеса 9, и освобождает плоскую защелку 12, которая под действием пружины 13 заскакивает за выступ 7 кулачка 6.

При нажатии на спусковую кнопку затвор начинает работать обычным порядком, однако верхняя шторка задерживается до момента, пока плоская защелка 12 не освободит кулачок (до возвращения колеса 9 и кулачка 11 в первоначальное положение).

Так как зубчатые колеса благодаря анкерному спуску вращаются с определенной скоростью, время задержки верхней шторки зависит от

степени завода механизма, т. е. время замедленной выдержки всегда будет пропорционально углу поворота зубчатого кольца 2 при взводе затвора.

Для получения моментальных выдержек короче $\frac{1}{25}$ сек. зуб 5 фиксируется в сквозных шлицах диска 4 и, следовательно, опускается ниже.

Поэтому при установке диска (головки) на любую короткую выдержку, а также и на выдержку «от руки» — В зуб 5 свободно проходит под штифтом 3, укрепленным на зубчатом кольце 2, и механизм замедленных выдержек не заводится.

В фотоаппаратах «Зоркий-2», «Зоркий-4», «Старт» и «Ленинград» установлен автоспуск. Он представляет собой анкерный механизм с сильной часовой пружиной, которая заводится специальным рычажком, имеющимся на передней стенке камеры. Включение механизма производится пусковой кнопкой, расположенной около заводного рычажка.

На рис. 24 дана схема включения затвора автоспуском.

При вращении колес механизма (после его пуска) зубчатая рейка 2 поднимается кверху и поворачивает рычаг 3 в направлении, указанном стрелкой.

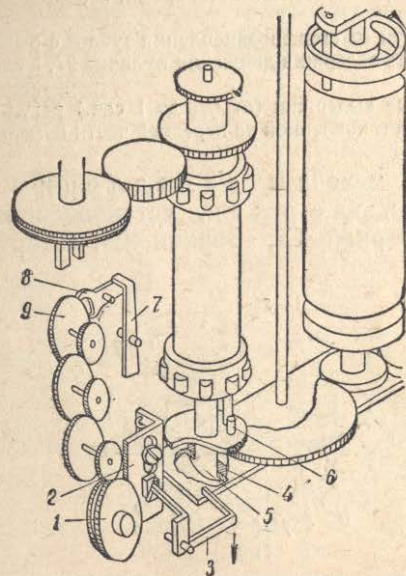


Рис. 24. Схема включения затвора автоспуском в аппаратах «Зоркий-2», «Зоркий-2С», «Зоркий-4», «Старт» и «Ленинград»:

1 — зубчатое колесо автоспуска, на оси которого закреплена ленточная пружина, 2 — зубчатая рейка, 3 — рычаг, 4 — зубчатое колесо сцепления транспортирующего механизма с механизмом затвора, 5 — головка оси зубчатого барабана, 6 — штифт зубчатого колеса 4, 7 — движок, запирающий анкерную вилку, 8 — анкерная вилка, 9 — анкерное колесо

Спуск затвора происходит при расцеплении зубчатого колеса 6, которое опускается вниз при отжимании плоской пружины 4 рычагом 3.

Время предварительного хода механизма автоспуска 9—15 сек.

Шторный затвор фотоаппарата «Киев» является наиболее совершенным современным затвором.

Его конструкция обеспечивает максимальное исправ-

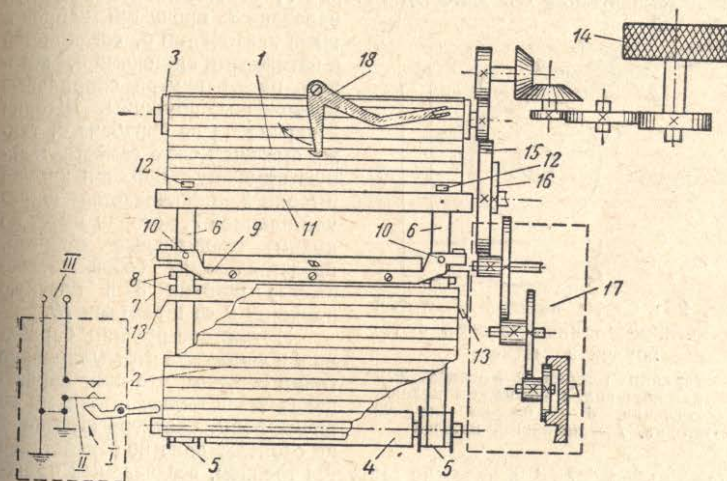


Рис. 25. Схемы действия механизма шторок затвора фотоаппарата «Киев» и синхроустройства (см. стр. 35).

ление основных принципиальных недостатков шторных затворов:

1) при горизонтальном положении фотоаппарата в момент съемки движение светонепроницаемых шторок происходит сверху вниз, что, безусловно, является наиболее целесообразным, так как в случае возможного движения их с неравномерной скоростью создаются благоприятные условия компенсации оптических плотностей на получаемом негативе;

2) моментальные выдержки в затворе регулируются не только изменением ширины щели, но и за счет одновременного автоматического изменения скорости движения што-

рок, которая последовательно уменьшается по мере увеличения щели;

3) светонепроницаемые шторки, изготовленные из металлических полосок специального профиля, шарнирно соединенных между собой, не подвержены влиянию температурных условий. Затвор фотоаппарата «Киев» относится к сложным механизмам.

Рассмотрим принципиальную схему механизма светозащитных шторок затвора (рис. 25) (детали I, II и III относятся к синхроустройству аппарата, описание см. дальше). Шторка I, укрепленная на верхнем барабане 3 прочными капроновыми ленточками 6, соединяется с натяжными шкивами 5, которые имеют внутри спиральные проволочные пружины. Шторка 2 укреплена на барабане 4, также имеющем свою самостоятельную пружину. Верхняя кромка шторки 2 оканчивается широкой планкой 7, которая имеет по краям специальные прорезы, представляющие собой своеобразные пряжки 8 и плоскую пружину 9 со штифтами 10.

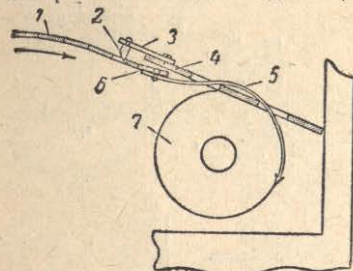


Рис. 25а. Схема намотки ленточек на натяжные шкивы затвора фотоаппарата «Киев»:

1 — верхняя шторка, 2 — штифт, 3 — плоская пружина, 4 — нижняя планка, 5 — ленточка, 6 — планка верхней шторки, 7 — натяжной шкивок

пружины барабана 4, а надежно держится трением, создаваемым пряжками 8 на ленточках 6.

В положении, когда шторка 2 полностью намотана на барабан 4, планка 7 своими выступами 13 упирается в нижнюю часть корпуса затвора, и пряжки принимают положение, при котором ленточки могут свободно наматываться на шкивы (рис. 25а).

В крайнем нижнем положении планка 11, являющаяся рабочей кромкой верхней шторки 2, запирается штифтами, входящими в отверстие 12.

Назначение этого замка — предохранять от преждевременного образования щели между шторками, в особенности в начале намотки шторки I и ленточек 6 на барабан 3.

При вращении заводной головки затвора 14 вращается верхний барабан 3 и наматывает верхнюю шторку I, которая увлекает за собой нижнюю шторку 2.

Шторка 2, дойдя до своего верхнего крайнего положения, останавливается. Одновременно специальными выступами, находящимися в верхней части корпуса затвора, приподнимаются концы плоской пружины 9, и штифты 10 освобождают шторку I от зацепления ее со шторкой 2. Шторка I, продолжая наматываться на барабан 3, протаскивает ленточки 6 через пряжки планки 7, образуя тем самым щель между рабо-

чими кромками шторок I и 2. Кулачок 16, укрепленный на шестерне 15, которая жестко связана с барабаном 3, в зависимости от степени поворота сцепляет с помощью системы рычагов анкерные механизмы 17 с шестерней 15 и регулирует положение анкерной вилки по отношению к анкерному колесу*. Таким образом, чем больше поворачивается барабан 3, тем большего размера образуется щель между шторками, тем большая нагрузка включается в механизм затвора.

Степень поворота барабана 3 зависит от поворота заводной головки 14.

Механизм шторок в заведенном состоянии удерживается механизмом заводной головки, который благодаря специальному устройству вращается только в одну сторону (по часовой стрелке). Крючок 18, находящийся в верхней части корпуса затвора, служит для предохранения от возможного сползания вниз шторки 2.

В начале нажатия на спусковую кнопку этот крючок отводится в сторону. Срабатывание затвора происходит при дальнейшем нажатии на кнопку в момент расцепления механизма шторок с механизмом заводной головки.

Включение затвора фотоаппарата «Киев» можно также производить автоспуском, вмонтированным в корпус камеры.

Устройство и действие автоспуска принципиально ничем не отличается от автоспуска аппаратов «Зоркий-2», «Зоркий-4» и т. д.

СИНХРОУСТРОЙСТВА

Большинство вновь выпускаемых фотоаппаратов оборудовано синхроустройствами для автоматического включения вспышечных приборов** и согласования момента вспышки с моментом открытия затвора при экспонировании (съемке).

Перед тем как перейти к описанию синхроустройств фотоаппаратов, коротко ознакомимся с типами вспышечных приборов, существующих в настоящее время.

Лампа-вспышка однократного действия внешне напоминает обыкновенную электриче-

* На схеме показан только один анкерный механизм. В затворе аппарата «Киев» их два. При установке затвора В и на $\frac{1}{2}$ сек. включаются оба анкерных механизма, и анкерные вилки в них находятся в положении полного зацепления с анкерным колесом. На скорости $\frac{1}{25}$ и $\frac{1}{30}$ сек. включается один анкерный механизм с выключенным анкерным кулачком и т. д.

** Вспышки с электрическим запалом (одноразовые лампы-вспышки) и электронные (импульсные) лампы.

скую лампочку (автоламп). Она состоит из стеклянной колбы и цоколя, с помощью которого крепится в патроне отражателя. Внутри колбы, наполненной чистым кислородом, находится алюминиевая фольга и запальная нить. При включении лампы в электросеть (3—4,5 в) запальная нить накаляется и зажигает фольгу, которая при сгорании дает яркую вспышку продолжительностью около $\frac{1}{25}$ сек. (см. также стр. 55).

Вторым типом вспышечного прибора является электронная (импульсная) лампа-вспышка, состоящая из газоразрядной трубки, наполненной разреженным инертным газом (ксеноном), отражателя и агрегата электропитания. При замыкании контакта прибора за счет энергии, накопленной конденсатором, в трубке происходит мгновенный разряд, сопровождаемый мощной вспышкой. Ее время свечения не превышает $\frac{1}{2000}$ сек.

Как сказано выше, лампа одноразового действия имеет продолжительность вспышки около $\frac{1}{25}$ сек. и, кроме того, инерцию при загорании (промежуток времени от контакта до момента достаточного излучения, равного приблизительно половине максимального).

Поэтому, для того чтобы время наибольшей яркости вспышки совпало с полным открытием затвора, включение лампы необходимо производить несколько раньше, чем полностью открылся затвор. Это время называют у предением.

Импульсная вспышка загорается мгновенно и не требует никакого времени упреждения, т. е. момент контакта должен совпадать с моментом полного открытия затвора.

Эти особенности вспышечных приборов нашли свое отражение в конструкциях синхроустройств фотоаппаратов, которые по этому признаку подразделяются на три основные группы.

К первой группе принадлежат фотоаппараты с одним штетсельным разъемом (гнездом) и одной парой контактов, замыкающихся в момент полного открытия затвора. Такая контактная система называется частичной синхронизацией, а аппараты — частично синхронизированными, или аппаратами с нулевым контактом (0-контакт).

Действие синхроустройства с нулевым контактом центрального затвора типа «Момент» происходит следующим образом (см. рис. 15).

При отклонении рычага 7 в момент, соответствующий полному открытию светозащитных заслонок, дополнительный выступ I нажимает на ламель II и замыкает контакты. Штетсельный разъем III, служащий для присоединения кабеля лампы-вспышки, состоит из изолированного гнезда, соединенного с одной из ламелей, и наружной трубки, приклепанной к корпусу затвора.

На рис. 25 дана схема синхроустройства фотоаппарата «Киев».

В момент полного открытия шторки 2 выступ 13 отклоняет рычаг I, который замыкает контакты, укрепленные на ламелях II. Штетсельный разъем III имеет конструкцию, аналогичную штетсельному разъему затвора «Момент»*.

В фотоаппарате «ФЭД-2» контакты синхроустройства замыкаются специальным кулачком, жестко укрепленным на оси 13 (см. рис. 22), в момент полного открытия шторки 2.

Вторая группа — аппараты с двумя штетсельными разъемами (гнездами) и двумя парами контактов. Один штетсельный разъем предназначен для подключения импульсных ламп и присоединен к паре контактов, замыкающихся в момент полного открытия затвора (нулевой контакт). Штетсельный разъем этой пары контактов имеет значок молнии (ломаной стрелки). Другой штетсельный разъем предназначен для работы с одноразовой лампой-вспышкой. Он присоединен к паре контактов, замыкающихся с упреждением, и имеет значок контура электрической лампочки. Фотоаппараты этой группы называются полностью синхронизированными. К ним принадлежит новый аппарат «Старт».

Третья группа — это аппараты с одним штетсельным разъемом и синхрорегулятором (подвижным контактом), с помощью которого можно устанавливать необходимое время упреждения в зависимости от применяемой лампы-вспышки. К этой группе принадлежат фотоаппараты со шторными затворами — «Зоркий-С», «Зоркий-2С», «Зоркий-3С», «Зоркий-4С», «Зенит-С» и «Ленинград». На рис. 26 изображен синхрорегулятор фотоаппарата «Зоркий-2С». Шкала регулятора разбита в миллисекундах и имеет значения: 0, 5, 10, 15, 20, 25.

* Для того чтобы имелась возможность применять вспышечные приборы различных конструкций и типов, штетсельные разъемы аппаратов и вспышечных приборов унифицированы.

Фотографируя с одноразовой лампой-вспышкой, время упреждения устанавливают в зависимости от ее характеристики, указанной в паспорте. При включении импульсной лампы движок регулятора устанавливают в нулевое положение (нулевой контакт).

Зная принцип действия затвора, устройство синхронизации и основные характеристики ламп-вспышек, легко определить, какие выдержки применять при работе с тем или иным вспышечным прибором.

Производя съемку с импульсной лампой фотоаппаратом, имеющим центральный затвор типа «Момент» (с нулевым контактом), можно устанавливать любую выдержку, учитывая, что время открытия светозащитных заслонок всегда будет значительно больше времени свечения вспышки.

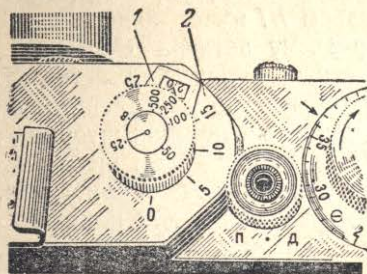


Рис. 26. Синхрорегулятор фотоаппаратов «Зоркий-С», «Зоркий-2С»:

1 — движок синхрорегулятора, 2 — шкала

Применяя одноразовую лампу, необходимо помнить, что ее время свечения $1/25$ сек. плюс продолжительность загорания $1/50$ сек. Поэтому, чтобы полностью использовать излучаемую при вспышке световую энергию, нужно применять выдержки не короче $1/15$ — $1/10$ сек.

Съемка с импульсной лампой фотоаппаратом, имеющим шторный затвор, производится только с выдержками не короче $1/25$ сек., так как при более коротких выдержках шторки затвора не открывают полностью кадровое окно. В этом случае будет проэкспонирован лишь отдельный участок кадра (полоска) в соответствии с шириной установленной щели. Также необходимо помнить, что подключать импульсную лампу с каким бы то ни было упреждением нельзя, так как вспышка произойдет раньше, чем откроется затвор.

Пользуясь одноразовыми лампами при съемке аппаратом со шторным затвором, не имеющим полной синхронизации, выдержки короче $1/15$ — $1/10$ сек. применять нельзя. В случае же наличия в затворе контакта с упреждением применение любых моментальных выдержек не ограничено, так как продолжительность вспышки ($1/25$ сек.) прибли-

зительно совпадает со временем пробега щели перед кадровым окном, а яркость горения лампы в течение этого времени меняется незначительно.

МЕХАНИЗМЫ НАВОДКИ НА РЕЗКОСТЬ

Изменение расстояния между объективом и кадровой рамкой с целью наводки на резкость в современных фотоаппаратах производится:

1) передвижением объективной стойки или задней стенки аппарата при помощи кремальеры по направляющим ползкам;

2) с помощью червячной оправы объектива или частичным вывинчиванием передней линзы объектива, имеющей специальную оправу с винтовой нарезкой;

3) выдвижением объективного гнезда, имеющего винтовую нарезку.

Наводка на резкость при помощи кремальеры и рычага применяется в фотоаппаратах «Фотокор №1», «ФК-1», «ФК-2» и «Момент». Передвижение объективной стойки или задней стенки (аппараты «ФК») при помощи кремальеры производится вращением головки с накаткой. На оси головки жестко укреплен шестерня, сопряженная с зубчатой рейкой, которая привернута к направляющим ползкам.

В аппаратах, у которых выдвижение объектива невелико, иногда применяется передвижение объективной стойки с помощью рычага (фотоаппарат «Момент»).

Наводка на резкость при помощи червячной оправы. Принципиальная схема оправы показана на рис. 28. Тубус I с укрепленным в нем объективом II имеет винтовую нарезку, соответствующую нарезке наружного кольца III, укрепленного неподвижно в посадочном гнезде камеры.

Степень выдвижения объектива зависит от угла поворота тубуса I и шага нарезки. Величина шага нарезки подбирается в зависимости от фокусного расстояния объектива и его необходимого максимального выдвижения. Обычно червячные оправы позволяют выдвигать объектив в пределах, обеспечивающих наводку на резкость от бесконечности до 1 м.

С целью уменьшения диаметра и веса оправы винтовая нарезка делается многозаходной.

Чтобы избежать вращения внутреннего тубуса с объективом и улучшить наблюдение за шкалой диафрагмы и шка-

лой глубины резкости, червячные оправы делаются более сложными и состоят из пяти и более деталей.

Объективы фотоаппаратов «Зоркий», «ФЭД», «Зенит» и т. д. снабжены червячными оправками.

Наводка на резкость выдвижением объективного гнезда осуществляется за счет многозаходной винтовой нарезки, что предусмотрено в некоторых конструкциях фотоаппаратов, например в фотоаппарате «Киев».

Для определения степени выдвижения объектива или передней линзы объектива в соответствии с расстоянием до объекта съемки служат специальные устройства и шкала расстояний.

Шкала, или индекс (указатель) шкалы, располагается на одной из движущихся наружных деталей механизма наводки на резкость.

Деления шкалы, как правило, наносятся в метрах и показывают расстояние до объекта съемки. При установке резкости по шкале измерение расстояний до объекта съемки производится в малоформатных фотоаппаратах («Зоркий», «ФЭД», «Зенит», «Киев» и т. д.), а также в аппарате «Москва-5» от плоскости кадровой рамки*. В складных фотоаппаратах с постоянно укрепленным объективом (типа «Москва-1», «Москва-2», «Москва-3», «Момент» и некоторых других) — от плоскости диафрагмы.

Установка резкости по шкале расстояний при условии правильного измерения последних и точной разбивки делений шкалы является наиболее надежным способом наводки на резкость. Однако безошибочное измерение расстояний, связанное с применением рулетки или другого измерительного инструмента, делает наводку по шкале достаточно громоздкой и неудобной. При определении необходимого расстояния на глаз наводка на резкость по шкале дает хорошие результаты лишь при значительном диафрагмировании объектива.

Матовое стекло. Простым и распространенным устройством, применяемым в пластиночных фотоаппаратах, с помощью которого определяется правильность наводки на резкость, является матовое стекло, устанавливаемое в кадрковую рамку вместо кассеты с пластинкой.

Степень резкости при наводке по матовому стеклу опре-

* Расстояние от плоскости кадровой рамки до задней стенки аппарата около 3 мм.

деляется визуально и зависит от остроты зрения, качества матовой поверхности (зернистости), яркости и масштаба изображения.

Неудобством такой наводки по матовому стеклу является необходимая перед съемкой замена матового стекла на кассету с пластинкой, которая отнимает довольно продолжительное время и часто требует закрепления аппарата на штативе. Наводка на резкость, применяемая в зеркальных фотоаппаратах, является развитием и усовершенствованием системы наводки по матовому стеклу.

Применение подвижного зеркала освобождает от необходимости установки матового стекла в кадрковую рамку и резко сокращает время на подготовку аппарата к съемке.

ДАЛЬНОМЕРЫ

Наиболее совершенным способом наводки на резкость, применяемым в современных фотоаппаратах, является наводка с помощью оптического монокулярного дальномера, связанного с механизмом выдвижения объектива.

Принципиальная схема дальномера показана на рис. 27.

Если смотреть из точки *A* через полупрозрачное зеркало *1* на предмет, расположенный в точке *C*, благодаря зеркалу *2*, обращенному отражающей поверхностью к этому предмету, мы одновременно будем видеть два изображения — одно непосредственно через полупрозрачное зеркало *1* и другое, — отраженное зеркалом *2* и полупрозрачным зеркалом *1*. Поворачивая зеркало *2* вокруг оси *O*, можно найти такое положение, при котором оба изображения рассматриваемого предмета сольются в одно.

При перемещении предмета по прямой *АС* для достижения слияния обоих изображений зеркало *2* снова необходимо поворачивать на некоторый угол.

Величина этого угла будет находиться в прямой зависимости от расстояния между дальномером и наблюдаемым предметом.

Предварительно определив, какие углы поворота зеркала *2* будут соответствовать тому или иному расстоянию, легко рассчитать шкалу, деления которой могут быть как в угловых мерах, так и непосредственно в метрах.

Угол α , образуемый отраженным от предмета лучом *ОС* и лучом *ВС*, называется параллактическим углом.

Расстояние по прямой от точки B до точки O называется базой дальномера (катет прямоугольного треугольника BCO).

Точность измерений, производимых монокулярными дальномерами, применяемыми в фотоаппаратах, зависит от величины базы, удаленности предмета, до которого производится это измерение, и оптической цельности системы.

Крайний предел измеряемых расстояний не превышает 15—20 м.

Дальномер фотоаппаратов «Зоркий» и «ФЭД» (рис. 28). Дальномер состоит из полупрозрачного зеркала 1 (светоделительной пластинки), прямоугольной призмы 2, укрепленной на рычаге 3, диафрагмы 7, сильной спиральной пружины 8 (действующей в направлении стрелки), оптического клина 6 и защитных плоскопараллельных стекол 4 и 5. I, II, III, — см. стр. 37.

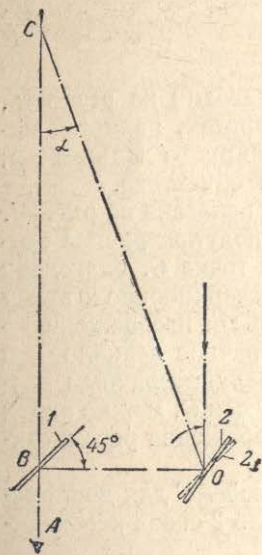


Рис. 27. Принципиальная схема монокулярного дальномера

Совмещение изображения осуществляется поворотом призмы 2 на угол, соответствующий расстоянию до предмета, по которому устанавливается резкость. Поворот призмы 2 происходит одновременно с перемещением объектива в червячной оправе 9. Система двух рычагов 3 и 10 согласует степень выдвигания объектива с необходимым поворотом призмы.

Для более четкого разделения изображений, наблюдае-

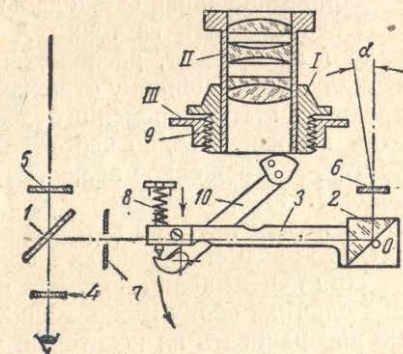


Рис. 28. Схема дальномера и объектива фотоаппаратов «Зоркий» и «ФЭД»

мых с двух концов базы дальномера, пучок лучей, отраженных призмой 2, ограничивается диафрагмой 7. Оптический клин 6 служит для устранения возможного двоения изображения по вертикали, которое может иметь место вследствие отдельных неточностей сборки.

Дальномер фотоаппарата «Москва-2» (рис. 29). Отличительной особенностью дальномера является введение в конструкцию вместо подвижной отражающей призмы вращающегося клинового оптического компенсатора, который связан с помощью зубчатых колес с резьбовой оправой передней, отвинчивающейся линзы объектива.

Дальномер разделен на два самостоятельных узла — светорасщепляющий блок призм, смонтированный на боковой стенке аппарата, и клиновой компенсатор, укрепленный на корпусе центрального затвора.

Светорасщепляющий блок состоит из двух склеенных между собой призм 1 и 2. Светоделительная зеркальная плоскость расположена в месте склейки под углом 45° по отношению к прямой AB . Правый конец удлиненной призмы 2, скошенной также под углом 45° , является отражающей плоскостью системы. Перед входным окном призмы 2 помещается диафрагма 3, ограничивающая входящий световой пучок.

Клиновой компенсатор представляет собой два прозрачных стеклянных клина 4 и 5 круглой формы, укрепленных в металлических оправе, имеющих зубчатую нарезку. Совмещение двойного изображения, наблюдаемого с двух концов базы дальномера, осуществляется изменением параллактического угла при вращении клиньев вокруг горизонтальной оси в противоположные стороны.

Вращение клиньев происходит одновременно с поворотом головки наводки на резкость 7 и резьбовой оправы 6 перемещающейся передней линзы объектива.

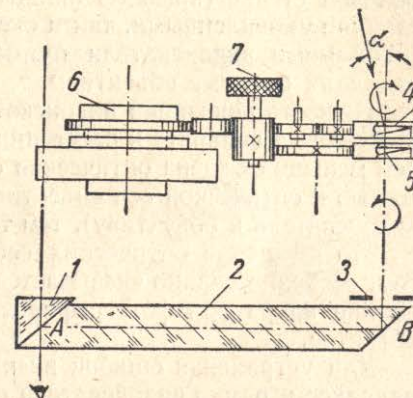


Рис. 29. Схема дальномера фотоаппарата «Москва-2»

ВИДОИСКАТЕЛИ

Определение границ фотографируемого кадра в большинстве фотоаппаратов осуществляется с помощью видоискателей. Они позволяют быстро наводить аппарат на объект и устанавливать границы кадра как при подготовке к съемке, так и непосредственно в момент самой съемки.

Видоискатели обычно устанавливаются на верхней или боковой стенке (крышке) аппарата и могут быть как постоянно укрепленными, так и съемными.

Съемные видоискатели применяются в фотоаппаратах, имеющих сменные объективы.

Точность показаний видоискателя зависит от его расположения на аппарате и расстояния до объекта съемки, т. е. чем меньше смещена оптическая ось видоискателя по отношению к оптической оси объектива (чем ближе расположен видоискатель к объективу), тем точнее его показания.

Это смещение оптических осей, называемое параллаксом, особенно сильно сказывается на точности определения границ кадра при фотографировании близко находящихся объектов.

Для устранения ошибок визирования, вызываемых параллаксом, рамки видоискателя обычно ограничивают кадр меньший, чем получаемый на снимке. Некоторые видоискатели имеют устройство, которое позволяет их наклонять, приводя оптическую ось в соответствие с оптической осью объектива, при приближении объекта съемки.

Остановимся на некоторых типах видоискателей, применяемых в современных фотоаппаратах.

Рамочный видоискатель (рис. 30) представляет собой приспособление, состоящее из двух рамок: большой, укрепленной обычно на объективной стойке, и малой, укрепленной на корпусе аппарата. Наблюдение ведется через малую рамку. Большая рамка ограничивает поле зрения в соответствии с полем зрения объектива фотоаппарата. Рамочный видоискатель очень



Рис. 30. Рамочный видоискатель

удобен при фотографировании быстро движущихся объектов съемки различных спортивных моментов. Видоискатели рамочного типа имеют фотоаппараты «Фотокор», «Любитель», «Момент».

Зеркальный видоискатель. В передней части видоискателя укреплена короткофокусная двояковыпуклая линза, которая является объективом системы. Такой видоискатель дает зеркально обращенное, сильно уменьшенное изображение, что очень затрудняет компоновку кадра. Кроме того, необходимость наблюдения за изображением сверху требует установки аппарата на уровне груди, а это часто приводит к искажению перспективы. Все фотоаппараты, в которых установлены зеркальные видоискатели, как правило, имеют еще и другой видоискатель, позволяющий в случае необходимости производить съемку с уровня глаза (например, рамочный).

В настоящее время зеркальные видоискатели применяются редко. Усовершенствованный зеркальный видоиска-

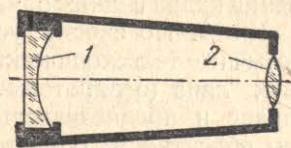


Рис. 31. Прямой оптический видоискатель жесткой конструкции

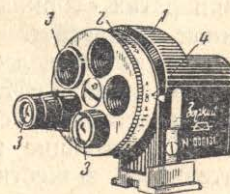


Рис. 32. Универсальный видоискатель «ВУ»: 1 — корпус, 2 — турельная головка, 3 — объективы, 4 — отметка поправки на параллакс

тель с дополнительной фокусировкой объектива (линзы) и крупным масштабом изображения установлен в фотоаппаратах «Любитель». Он дает вполне удовлетворительное качество изображения, но очень громоздок.

Прямой оптический (телескопический) видоискатель. Оптическая система видоискателя (рис. 31) состоит из передней отрицательной линзы прямоугольной формы 1 и задней положительной линзы 2 (окуляра). Изображение, даваемое видоискателем, прямое, уменьшенное. Степень уменьшения от 0,4 до 0,75 ×.

Телескопические видоискатели бывают складные (фотоаппарат «Москва») и жесткой конструкции. Последние применяются главным образом в малоформатных фотоаппаратах («Зоркий», «ФЭД», «Киев», «Смена» и т. д.).

Универсальный видоискатель «ВУ» служит для установки кадра в малоформатных фотоаппаратах при поль-

зовании сменными объективами (рис. 32). Он представляет собой сложную телескопическую систему, имеющую в фокусе окуляра прямоугольную рамку с размерами сторон, пропорциональными формату 24×36 мм (формат кадра фотоаппаратов «ФЭД», «Зоркий», «Киев»). Внутри корпуса между рамкой и окуляром установлены две призмы, благодаря чему рассматриваемое изображение получается прямым.

В револьверной головке видоискателя расположены визирные объективы с углами зрения, соответствующими фокусным расстояниям объективов 28, 35, 50, 85 и 135 мм.

Для работы видоискатель укрепляется в специальном предусмотренном для него гнезде с пазами (клемме) на щитке верхней крышки аппарата.

Универсальный видоискатель «ВУ» может применяться в фотоаппаратах «Зоркий», «ФЭД», «Киев» (всех моделей).

Сменные видоискатели «ВИ», так же как и универсальный, служат для определения границ кадра в малоформатных аппаратах «Зоркий», «ФЭД» и «Киев». По своему устройству они представляют собой обычные телескопические видоискатели, состоящие из двух линз (отрицательной и положительной) в жесткой оправе и предназначены для работы только с одним сменным объективом. В настоящее время выпускаются:

- 1) видоискатели для объектива $f = 35$ мм («ВИ-35»);
- 2) видоискатели для объектива $f = 85$ мм («ВИ-85»).

ВИДОИСКАТЕЛИ-ДАЛЬНОМЕРЫ

Многие современные фотоаппараты имеют видоискатели-дальномеры, которые позволяют одновременно наблюдать за фотографируемым объектом и контролировать резкость в момент съемки.

Видоискатель-дальномер является дальнейшим развитием монокулярного дальномера и видоискателя в единой конструкции, сочетающей в себе элементы этих двух устройств, связанные общей оптической схемой. В последних моделях аппаратов видоискатели-дальномеры наряду с новым качеством — одновременной фокусировкой и визированием — имеют еще целый ряд усовершенствований, улучшающих наблюдение за объектом съемки, повышающих точность установки границ кадра и точность наводки на резкость.

Видоискатель-дальномер фотоаппарата «Киев» (рис. 33). Основными оптическими частями видоискателя-дально-

мера являются: светорасщепляющий блок призм, клин с переменным углом отклонения и телескопический видоискатель.

Светорасщепляющий блок, так же как и в дальномере фотоаппарата «Москва», представляет собой две склеенные призмы 1 и 2, которые имеют в месте склейки полупрозрачный зеркальный слой.

Клин с переменным углом отклонения состоит из двух деталей 3 и 4, одна сторона которых плоская, а другая

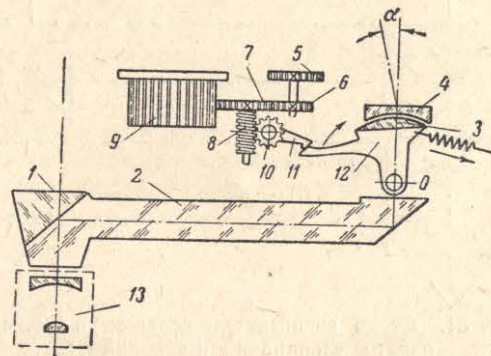


Рис. 33. Схема видоискателя-дальномера фотоаппарата «Киев»

имеет цилиндрическую поверхность. При вращении детали 3 (сегмента) вокруг центра O его наружная сторона (плоскость) наклоняется и образует клин.

Механизм дальномера действует следующим образом: вращение зубчатого колеса 5 передается через шестерни 6 и 7 подвижному тубусу механизма фокусирования 9 и одновременно через замедляющий редуктор (червячную пару 8 и 10) и кулачок 11 — рычагу 12 с укрепленным на нем сегментом 3.

Установленный в поле зрения дальномера (сзади призмы) телескопический видоискатель 13 состоит из двух линз: передней — отрицательной и задней — положительной (окуляр).

Повышенная точность фокусировки достигается за счет большой базы дальномера (90 мм) и цельности конструкции.

Видоискатель-дальномер фотоаппаратов «Зоркий-3С» и «Зоркий -4» (рис. 34) состоит из видоискателя 1 и дально-

мера II. Видоискатель представляет собой систему из двух линз: передней — положительной (объектив) и задней — отрицательной (окуляр). Фокусировка осуществляется изменением расстояния между линзами (передвижением передней линзы рычажком).

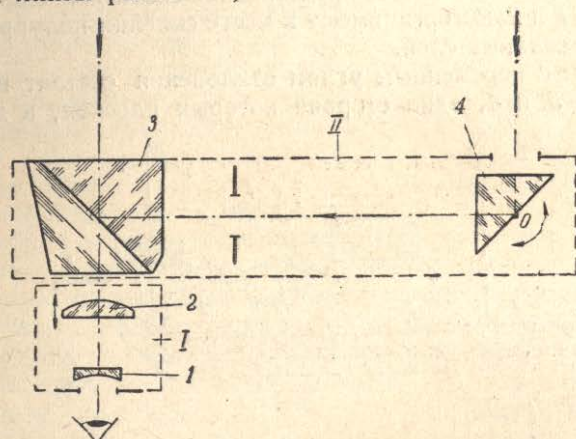


Рис. 34. Схема видоискателя-дальномера фотоаппаратов «Зоркий-3С» и «Зоркий-4»:

1 — окуляр, 2 — объектив видоискателя, 3 — блок призм со светорасщепляющим слоем, 4 — прямоугольная призма

Видоискатель дает прямое увеличение изображения.

В дальномере вместо полупрозрачного зеркала (имеющегося в дальномерах «Зоркий» и «ФЭД») установлен светорасщепляющий блок призм 3, имеющий в месте склейки полупрозрачный зеркальный слой. Механизм поворота прямоугольной призмы 4 улучшен введением в конструкцию новых деталей, исключающих возникновение люфтов в местах сочленений.

Возможность одновременной фокусировки и визирования, а также перечисленные конструктивные изменения дальномера и видоискателя значительно повышают точность наводки на резкость и упрощают процесс съемки.

Видоискатель-дальномер фотоаппарата «Ленинград» представляет собой сложную телескопическую систему, состоящую из трех многогранных призм, двух объективов и окуляра.

Совмещение раздвоенного изображения, наблюдаемого с двух концов базы, происходит за счет изменения параллак-

тического угла при повороте одной из призм, сопряженной с механизмом выдвижения съемочного объектива.

В поле зрения окуляра имеются четыре рамки, соответствующие углам зрения объективов $f=35, 50, 85$ и 135 мм, что позволяет работать с любым из перечисленных объективов без дополнительного съемного видоискателя.

Преимущество видоискателя-дальномера заключается также в устранении параллактической ошибки визирования* и большой яркости изображения, наблюдаемого в окуляр.

ТРАНСПОРТИРУЮЩИЕ МЕХАНИЗМЫ ПЛЕНОЧНЫХ АППАРАТОВ. СЧЕТЧИКИ

Все пленочные фотоаппараты имеют механизм, с помощью которого производится передвижение пленки.

Наиболее простой транспортирующий механизм имеют фотоаппараты, работающие на роликовой катушечной

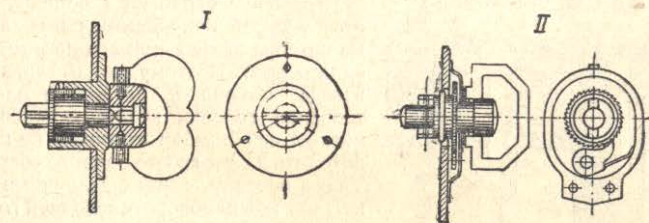


Рис. 35. Типы тормозящих устройств заводных головок:
I — пружинное тормозящее устройство, II — храповое устройство

пленке. В задней части корпуса аппаратов устроены два гнезда с полуосями (центрами), на которые надеваются катушки — приемная и с пленкой. Перемотка пленки производится вращением головки перемотки, находящейся на наружной стенке корпуса. Головка перемотки имеет устройство (рис. 35), которое служит для предохранения от обратного раскручивания пленки, находящейся на катушке, и для предохранения от возможных поворотов головки в направлении, противоположном намотке пленки. В гнезде подающей катушки (с которой сматывается пленка) также с целью предохранения пленки от раскручивания приклепывается плоская пружина, которая скользит по рулону, нажимая на него (со стороны светозащитной бумаги).

* См. стр. 42.

Контроль за количеством перемотанной пленки и правильностью ее положения в кадровой рамке в момент съемки осуществляется визуальным наблюдением за сигнальными знаками и цифрами, которые имеются на светозащитной бумаге, подклеенной к пленке. Для этой цели на задней крышке аппарата сделано окно с красным светофильтром. Такой механизм перемотки пленки имеют фотоаппараты «Москва-2», «Москва-4», «Москва-5», «Любитель».

В фотоаппаратах, работающих на стандартной перфорированной пленке шириной 35 мм, передвижение пленки производится зубчатым барабаном. На рис. 36 изображен транспортирующий механизм фотоаппарата «Зоркий».

Барабан 1 с каждой стороны имеет по восемь зубцов, входящих в перфорационные отверстия пленки. При повороте барабана на один оборот пленка передвигается на один кадр, т. е. на длину восьми перфорационных отверстий (38 мм). На барабане 1 жестко укреплен шестерня 2, имеющая 39 зубцов, которая с помощью двух паразитных шестерен соединена с шестерней заводной головки 4, имеющей 40 зубцов.

Вращение барабана 1 останавливается упором, находящимся в механизме затвора точно при его повороте на один оборот. Поэтому каждый раз при взводе затвора и перемотке пленки заводная головка вместе с укрепленным на ней лимбом счетчика не будет доходить на $\frac{1}{40}$ своего полного оборота. Таким образом, лимб с делениями при каждом новом повороте заводной головки до упора будет перемещаться на $\frac{1}{40}$ оборота, т. е. на одно деление, автоматически отсчитывая количество произведенных снимков.

Находящийся на оси заводной головки 3 барабан 5 может на ней поворачиваться только с некоторым довольно значительным усилием, так как своим торцом он прижимается к шестерне 4 сильной спиральной пружиной 6.

Это устройство называется фрикционом и служит для равномерной тугой подмотки пленки, сходящей с транспортирующего барабана 1. На утолщенную часть барабана 7 плотно надевается приемная катушка, на которую наматывается пленка.

В последних моделях аппаратов приемная катушка надевается на барабан свободно, так как на нем вместо пружинящих лапок имеются шлицы, а во втулке приемной катушки приклепан штифт, входящий в один из шлицев при надевании катушки на барабан.

Заводная головка аппарата имеет устройство, позволяющее ей вращаться только в сторону намотки пленки (по часовой стрелке).

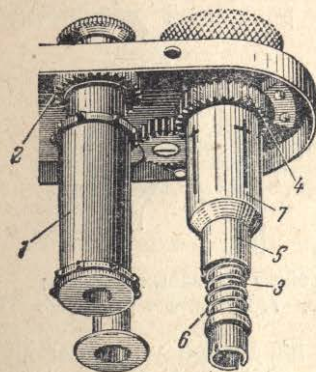


Рис. 36. Транспортирующий механизм фотоаппарата «Зоркий»

Аналогичные транспортирующие механизмы и счетчики имеют аппараты «Зоркий-3», «Зоркий-3С», «Зоркий-4», «ФЭД», «ФЭД-2» и «Зенит».

В фотоаппарате «Киев» транспортирующий механизм конструктивно несколько изменен (принцип работы механизма такой же).

В аппарате «Старт» взвод затвора и перемотка пленки производятся рычагом, который поворачивает заводную головку на $\frac{1}{4}$ оборота. Соответственно в механизме перемотки пленки для обеспечения полного оборота зубчатого транспортирующего барабана внесены необходимые изменения (увеличено число передаточных зубчатых колес).

Возвращение рычага в исходное положение после поворота заводной головки происходит автоматически — пружиной.

Фотоаппарат «Ленинград» имеет вмонтированный в верхнюю часть корпуса пружинный привод, который заводится перед съемкой.

Взвод затвора и перемотка пленки происходят автоматически при нажатии на спусковую кнопку (после спуска затвора). При полном заводе пружины привода можно сделать около десяти снимков подряд, последовательно нажимая и отпуская спусковую кнопку.

Большая скорость автоматической перемотки пленки и взвода затвора позволяет производить до трех снимков в секунду.

В фотоаппарате «Смена» передвижение пленки производится непосредственно головкой перемотки пленки, так же как и в фотоаппаратах «Москва» и «Любитель». Восьмизубцовый барабан соединен с помощью зубчатого колеса, жестко укрепленного на его оси, со счетчиком и механизмом остановки движения пленки.

КАССЕТЫ

Кассеты фотографических аппаратов различаются по применяемым фотоматериалам: 1) пластиночные кассеты, 2) кассеты для роликовой пленки пластиночных фотоаппаратов (адаптеры), 3) кассеты для стандартной кинопленки шириной 35 мм.

Пластиночные кассеты служат для вкладывания в них фотопластинок и последующей установки в фотоаппарат.

В зависимости от конструкции и типа фотоаппарата кассеты бывают деревянные или металлические.

Кассеты должны легко и надежно укрепляться в задней рамке фотоаппарата и быть совершенно светонепроницаемыми. Положение закрепленной в кассете пластинки должно строго соответствовать положению матового стекла в приспособленной для него рамке. Кассеты бывают выдвижные

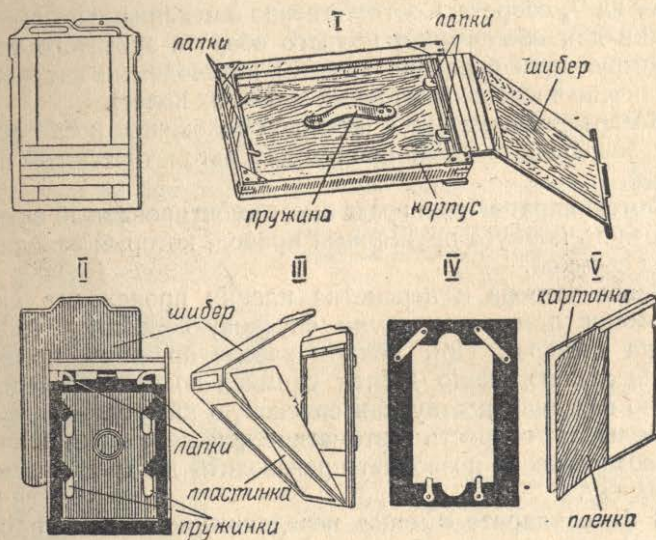


Рис. 37. Типы пластиночных кассет:

I — кассета фотоаппарата «ФК», II — металлическая кассета, III — металлическая «альбомная» кассета, IV — вкладыш в кассету (для зарядки пластинок меньшего формата), V — держатель для плоской (форматной) пленки

(в специальные пазы задней рамки аппарата) или приставные. На рис. 37 изображены наиболее распространенные типы кассет.

Кассеты для роликовой пленки обычно изготавливаются под пленку шириной 60 мм.

Передняя сторона кассеты, соединяемая с аппаратом, такая же, как и у пластиночных кассет; с задней части корпуса имеется шарнирно укрепленная крышка, открывающая доступ к гнездам катушек. Схема кассеты изображена на рис. 38.

Кассеты для стандартной кинопленки шириной 35 мм, применяемые в малоформатных фотоаппаратах, выпускаются двух типов: с постоянной щелью, обклеенной бархатом, и двухцилиндровые с открывающейся во время работы щелью для свободного прохода пленки (рис. 39).

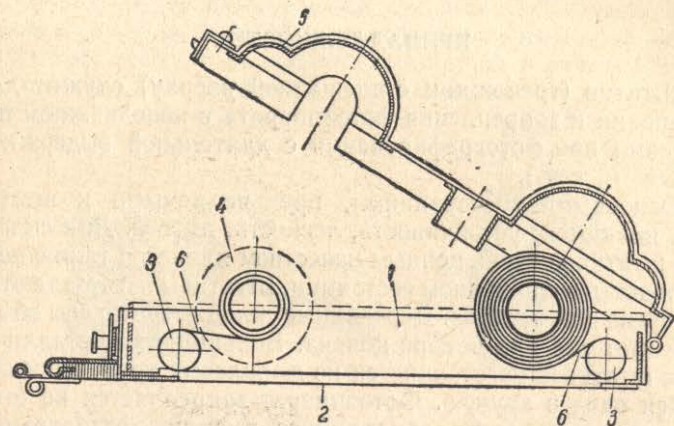


Рис. 38. Схема кассеты пластиночных фотоаппаратов для роликовой пленки:

1 — корпус кассеты, 2 — шибер (выдвигающаяся заслонка), 3 — ролик, 4 — приемная катушка, 5 — задняя крышка, 6 — пленка

Кассеты первого типа могут применяться во всех малоформатных фотоаппаратах, работающих на стандартной кинопленке. Кассеты второго типа применяются в фотоаппаратах, имеющих специальное устройство для открывания щели (путем поворота внутреннего цилиндра кассеты).



Рис. 39. Кассеты малоформатных фотоаппаратов:
I — кассеты с постоянной щелью, обклеенной бархатом,
II — кассета с открывающейся щелью

Наиболее совершенными являются кассеты второго типа — их конструкция исключает возможность образования

на пленке царапин или фрикций (полос, вызываемых нажимом бархата на эмульсионную сторону). Все основные размеры кассет для перфорированной пленки шириной 35 мм стандартизованы. Кассета, размеры которой соответствуют стандарту, должна вмещать 165 см пленки.

ПРИНАДЛЕЖНОСТИ

Штатив (треножник с площадкой сверху) служит для установки и закрепления фотоаппарата в неподвижном положении при фотографировании с длительной выдержкой (более $\frac{1}{25}$ сек.).

Основными требованиями, предъявляемыми к штативам, являются: устойчивость, легкость, высота. Для складных штативов очень ценным качеством является также портативность в сложенном состоянии. Штативы изготавливаются из дерева или металла. Деревянные складные штативы обычно имеют три или четыре колена. Большинство металлических штативов изготавливается из дюралевого труб, вдвигающихся одна в другую. Фотоаппарат закрепляется на штативе с помощью специального винта, имеющего стандартную резьбу $\frac{3}{8}$ дюйма.

Штативная головка укрепляется на штативе с помощью штативного винта. В своей верхней части она имеет небольшую площадку с винтом для крепления фотоаппарата. Применяется главным образом при работе с малоформатными фотоаппаратами. С помощью штативной головки фотоаппарат легко устанавливается и закрепляется в любом положении.

Штативная головка-струбцинка удобна в походных условиях. Во многих случаях она вполне заменяет штатив.

Струбцинка легко укрепляется на краю стола, на спинке стула или привинчивается специальным винтом к дереву, лодке и т. д.

Бленда представляет собой короткую трубку из металла или пластмассы, которая имеет внутри черную матовую поверхность. На время фотографирования она надевается (или навинчивается) на переднюю часть оправы объектива и защищает последний от попадания в него боковых лучей сильных источников света (солнце, электролампа и т. д.). При фотографировании без бленды такие лучи могут засветить какой-либо участок снимка или завуалировать всю поверхность кадра.

Гибкие тросики применяются при фотографировании со штатива с длительной выдержкой. Применение гибкого тросика предохраняет фотоаппарат от шевеления в момент нажатия на спусковую кнопку затвора (т. е. в момент съемки).

Гибкий тросик ввинчивается в специальное гнездо, имеющееся в корпусе затвора или в спусковой кнопке. Свободный конец тросика оканчивается кнопкой и втулкой с заплечиками для удобного удерживания его пальцами (рис. 40).

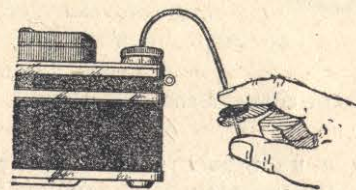


Рис. 40. Правильное положение тросика при съемке

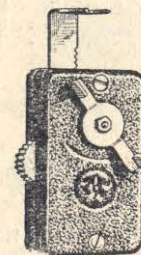


Рис. 41. Автоспуск «АФС-1»

Автоспуск — отдельное приспособление для автоматического включения затвора фотоаппарата. Так же как и автоспуск, встроенный в фотоаппарат, он представляет собой пружинный механизм с анкерным устройством, смонтированный в небольшом металлическом корпусе прямоугольной формы* (рис. 41). Автоспуск присоединяется к аппарату через спусковой тросик, головка которого при включении механизма сжимается скобой зубчатой рейки, выходящей из верхней части корпуса.

Промежуточные кольца к фотоаппаратам типа «Зенит» выпускаются комплектом, состоящим из четырех колец разной высоты (рис. 42). Они применяются при фотографировании объектов, расположенных от аппарата на расстоянии ближе 1 м.

Промежуточное кольцо является соединительным звеном между камерой и объективом. Высота колец рассчитывается так, что, применяя то или иное кольцо или комбинацию из них, можно получить непрерывную зону наводки

* В настоящее время выпускаются также автоспуски с гидравлическим тормозом, но они не имеют большого распространения, так как менее удобны и надежны.

на резкость от 1 м до 20 см (наибольший масштаб съемки 1 : 1).

К комплекту колец прилагается специальная таблица, по которой определяют, для какого расстояния или масштаба съемки нужно применять то или иное кольцо (кольца).

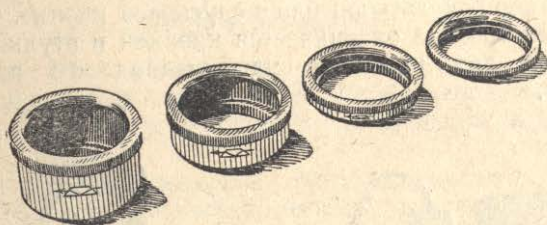


Рис. 42. Промежуточные кольца к аппарату «Зенит»

Окончательная наводка на резкость производится визуально по матовому стеклу выдвижением червячной оправы объектива.

Электронная (импульсная) лампа-вспышка «Молния» («ЭВ-1», рис. 43). Прибор состоит из алюминиевого отража-

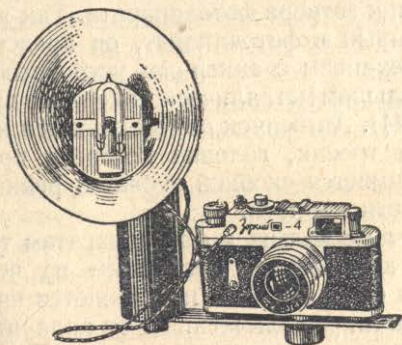


Рис. 43. Электронная лампа-вспышка «Молния»

теля, в центре которого установлена лампа «ИС-50» (газоразрядная трубка), корпуса цилиндрической формы и соединительной планки с винтом $\frac{3}{8}$ дюйма. Внутри корпуса смонтированы: электролитический конденсатор на 300 в 800 мкф, индикаторная неоновая лампочка (указатель го-

товности прибора), трансформатор, вспомогательный конденсатор 0,1 мкф 200 в, сопротивления и комбинированный переключатель.

При установке рычажка переключателя в верхнее положение происходит зарядка фотоосветительного конденсатора, затем загорается контрольная неоновая лампочка.

Вспышка происходит при опускании рычажка переключателя вниз или замыкании синхроконтакта фотоаппарата.

Мгновенная сила света в направлении оси светового пучка достигает силы света ста тысячеваттных электрических ламп. Перезарядка прибора происходит через 5—15 сек. Срок службы лампы «ИС-50» около 10000 вспышек. Батарея разряжается через 500—1000 вспышек или по истечении срока хранения.

Лампа-вспышка одnorазового действия (рис. 44). Фотоосветительный прибор, состоящий из отражателя, укрепленного на дюроалюминиевой трубке, и соединительной планки с винтом $\frac{3}{8}$ дюйма.

В верхней части трубки, в отражателе, имеется специальное гнездо (патрон), в которое вставляется лампочка; внутри трубки помещаются батарейки от карманного фонаря (круглые). Вспышка происходит при нажатии кнопки, находящейся в нижнем конце трубки, или при замыкании синхроконтакта фотоаппарата (см. также стр. 33).

Съемный синхронизатор (рис. 45). Применяется при фотографировании с лампой-вспышкой фотоаппаратами, не имеющими встроенных синхроустройств. Он ввертывается в спусковое гнездо аппарата вместе со спусковым тросиком. Чтобы вспышка произошла в нужный момент, съемный синхронизатор имеет соответствующую регулировку для индивидуальной подгонки его к фотоаппарату.

Следует заметить, что точность синхронизации съемного синхронизатора значительно ниже, чем в фотоаппаратах со встроенными синхроустройствами. Поэтому для более уве-



Рис. 44. Лампа-вспышка одnorазового действия

ренной съемки при пользовании съемным синхронизатором рекомендуется применять выдержки не короче $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{5}$ сек. для шторных затворов и не короче $\frac{1}{25}$ — $\frac{1}{50}$ сек. для центральных затворов.

Призменная стереонасадка (рис. 46). Применяется для получения стереоскопических изображений при съемке обычным однообъективным фотоаппаратом.

В настоящее время выпускаются стереонасадки для фотоаппаратов «Зоркий», «Зоркий-2», «Зоркий-С», «Зоркий-2С» и для фотоаппарата «Киев». Оба типа насадок имеют ана-

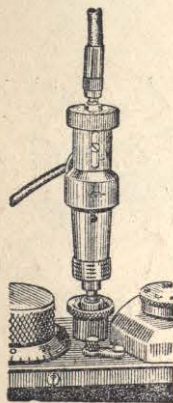


Рис. 45. Съемный синхронизатор

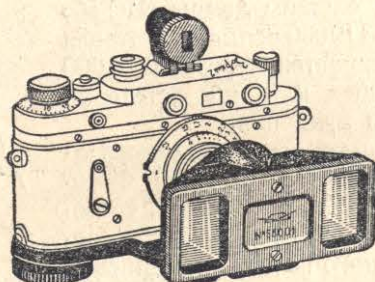


Рис. 46. Стереонасадка

логичные оптические схемы, но отличаются конструкцией корпуса и других внешних деталей, что связано со способом соединения насадок с аппаратом.

Стереонасадка к фотоаппаратам «Зоркий» состоит из двух симметрично расположенных призм в корпусе и кронштейна с винтом для соединения насадки с камерой. Расстояние между центрами входных окон насадки (съёмочный базис) 65 мм. Размер одного снимка стереопары на пленке 16×23 мм.

Фотографирование фотоаппаратом со стереонасадкой происходит, как обычно; наименьшее расстояние, с которого может быть произведена съемка, не должно быть меньше 1,5 м (это связано со специфическими особенностями стереосъемки и конструкцией насадки). Для определения границ снимаемого кадра служит специальный съемный видоискатель.

В комплект стереонасадки входит рамка-маска для проекционной печати снимков на фотобумаге форматом 9×12 см и складной стереоскоп (прибор для рассматривания стереоснимков).

СОВРЕМЕННАЯ ФОТОАППАРАТУРА

Фотоаппарат «Зоркий» (рис. 47) является портативным малоформатным фотоаппаратом, работающим на стандартной кинопленке шириной 35 мм. Объектив — «Индустар-50» (в более ранних выпусках — «Индустар-22»); фокусное расстояние объектива — 50 мм; относительное отверстие (светосила) — 1 : 3,5; диафрагма — 3,5; 4; 5,6; 8; 11; 16; затвор — шторный, со скоростями $\frac{1}{25}$, $\frac{1}{50}$, $\frac{1}{100}$, $\frac{1}{250}$, $\frac{1}{500}$ сек. и выдержкой «от руки» — В*; наводка — по дальномеру с базой 38 мм и шкалой расстояний от 1 м до ∞ (бесконечности); дополнительное оснащение — сменные объективы.

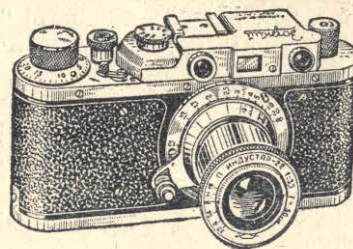


Рис. 47. Фотоаппарат «Зоркий»

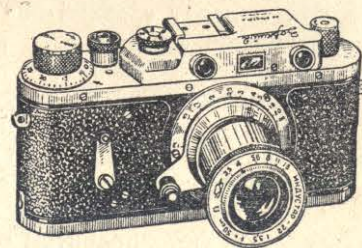


Рис. 48. Фотоаппарат «Зоркий-2»

Фотоаппарат «Зоркий-2» (рис. 48). Модель аппарата с вмонтированным в корпус автозатвором и ушками для ремешка. Кассета двухкорпусная с открывающейся щелью.

* В аппаратах более ранних выпусков скорости затвора были: $\frac{1}{20}$, $\frac{1}{30}$, $\frac{1}{40}$, $\frac{1}{60}$, $\frac{1}{100}$, $\frac{1}{200}$, $\frac{1}{500}$ сек. и выдержка «от руки» — В.

В настоящее время выпуск этих моделей аппаратов прекращен, взамен выпускаются аналогичные аппараты с синхроустройствами.

Фотоаппарат «Зоркий-С» (рис. 49). Комплектуется с объективами типа «Индустар» или «Юпитер» с фокусным расстоянием 5 см. Аппарат имеет конструктивные изменения верхней части корпуса, связанные с размещением синхроустройства, и новый механизм выключения транспортировки пленки, совмещенный со спусковой кнопкой. Барабан приемной катушки вместо пружинных лапок имеет шлицы, что облегчает зарядку камеры. Фотоаппарат синхронизирован. Синхроустройство имеет регулятор для установки времени упреждения.

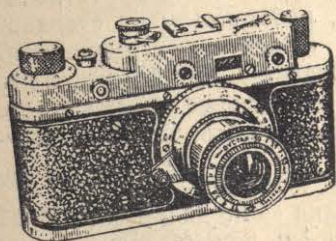


Рис. 49. Фотоаппарат «Зоркий-С»

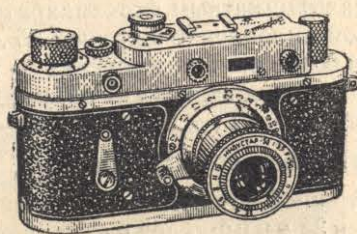


Рис. 50. Фотоаппарат «Зоркий-2С»

Фотоаппарат «Зоркий-2С» (рис. 50). Модель аппарата с смонтированным в корпус автоспуском и синхроустройством.

Аппарат «Зоркий-2С» выпускается с одним из пяти объективов: 1) с объективом «Индустар-26м»; 2) с объективом «Юпитер-8»; 3) с объективом «Юпитер-17»; 4) с объективом «Индустар-50»; 5) с объективом «Индустар-22».

Фотоаппарат «Зоркий-3» (рис. 51) является усовершенствованным фотоаппаратом «Зоркий».

Имея принципиальную схему, общую с аппаратом «Зоркий», «Зоркий-3» существенно отличается от аппарата «Зоркий» конструктивным решением отдельных узлов и введением ряда дополнительных устройств и механизмов, улучшающих эксплуатационные качества аппарата и расширяющих область его применения. Объектив — «Юпитер-8» просветленный; фокусное расстояние — 50 мм; относительное отверстие (светосила) — 1 : 2; диафрагма — 2; 2,8; 4; 5,6; 8; 11; 16; 22; затвор — шторный со скоростями

$\frac{1}{25}$, $\frac{1}{50}$, $\frac{1}{100}$, $\frac{1}{250}$, $\frac{1}{500}$, $\frac{1}{1000}$ сек. и В (выдержка «от руки»), дополнительные замедленные выдержки устанавливаются головкой, расположенной на передней стенке аппарата — 1 , $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{25}$ сек. и Д (длительная выдержка); кассеты — металлические, с открывающейся щелью, разъемные, могут применяться также стандартные кассеты (неразъемные); задняя часть корпуса съемная. В модели «Зоркий-3М» замедленные скорости устанавливаются одной общей головкой на верхней крышке аппарата.

Объединение в одном поле зрения видоискателя и дальномера повышает оперативность использования аппарата и способствует точности фокусировки в момент съемки.

Наводка на резкость в аппарате улучшена за счет увеличения масштаба изображения, видимого в окуляр дальномера-видоискателя, и введением дополнительной фокусировки его на диоптрийность (установка наилучшей резкости изображения, наблюдаемого в видоискателе и дальномере, в зависимости от состояния зрения).

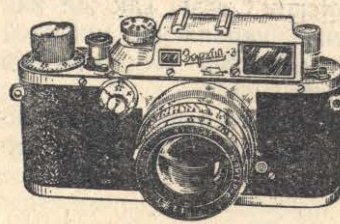


Рис. 51. Фотоаппарат «Зоркий-3»

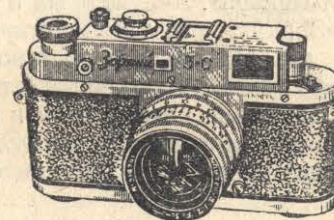


Рис. 52. Фотоаппарат «Зоркий-3С»

Фотоаппарат «Зоркий-3С» (рис. 52). Новая модель аппарата, выпускаемая взамен аппаратов «Зоркий-3» и «Зоркий-3М».

«Зоркий-3С» отличается некоторыми усовершенствованиями и дополнительным устройством для съемки с лампами-вспышками (так же как и аппараты «Зоркий-С» и «Зоркий-2С», полностью синхронизирован).

Фотоаппарат «Зоркий-3С» комплектуется с объективами «Юпитер-8» или «Юпитер-12».

По своему внешнему виду объективы одинаковые. Фокусное расстояние объективов — 5 см, относительное отверстие — 1 : 2.

Фотоаппарат «Зоркий-4» (рис. 53). Отличается от аппарата «Зоркий-3С» наличием автоспуска, который вмонтирован в корпус камеры.

Фотоаппараты «Зоркий»,

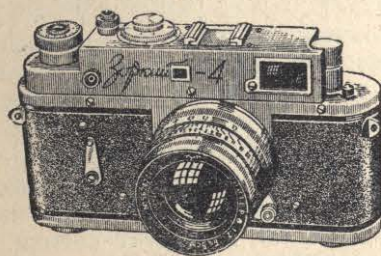


Рис. 53. Фотоаппарат «Зоркий-4»

во всех моделях (после предварительного подбора и подъюстировки). Сменные объективы имеют задние отрезки (рабочее расстояние) $28,8 \pm 0,03$ мм.

Фотоаппарат «ФЭД» (рис. 54) — первый малоформатный фотоаппарат, выпущенный в Советском Союзе. Так же как и «Зоркий», работает на стандартной киноплёнке шириной 35 мм. На аппарате установлен объектив «Индустар-10» $f=50$ мм с относительным отверстием $1:3,5$.

По своей конструкции и основным техническим характеристикам фотоаппарат «ФЭД» является аналогичным аппарату «Зоркий»; в настоящее время не выпускается.

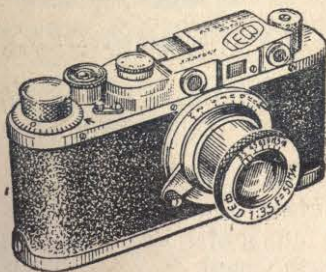


Рис. 54. Фотоаппарат «ФЭД»

«Зоркий-2», «Зоркий-С», «Зоркий-2С», «Зоркий-3», «Зоркий-3М», «Зоркий-3С» и «Зоркий-4» имеют одинаковые посадочные размеры резьбового объективного кольца и одинаковые рабочие расстояния камер 28,9 мм, поэтому все дополнительные сменные объективы, выпускаемые для этой группы аппаратов, могут быть использованы

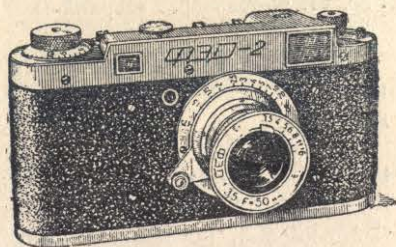


Рис. 55. Фотоаппарат «ФЭД-2»

Фотоаппарат «ФЭД-2» (рис. 55) является модификацией аппарата «ФЭД». Он имеет дальномер, совмещенный с видоискателем и диоптрийной поправкой окуляра; база дально-

мера увеличена до 67 мм; задняя крышка камеры съёмная; объектив — «Индустар-26м» просветленный с $f=50$ мм (в первых выпусках аппаратов — «Индустар-10»). Затвор имеет выдержки $B, \frac{1}{25}, \frac{1}{50}, \frac{1}{100}, \frac{1}{250}, \frac{1}{500}$ сек.

Механизм отключения транспортировки пленки совмещен со спусковой кнопкой. Рабочее расстояние камеры 28,9 мм. Фотоаппарат «ФЭД-2» синхронизирован (синхроустройство с нулевым контактом).

Фотоаппарат «Зенит» (рис. 56) является портативным малоформатным фотоаппаратом жесткой конструкции, работающим на стандартной киноплёнке шириной 35 мм.

Фотоаппарат «Зенит» представляет собой усовершенствованный зеркальный фотоаппарат, у которого изображение предметов, рассматриваемое в окуляр, прямое, а не зеркально перевернутое, как у обычных зеркальных фотоаппаратов.

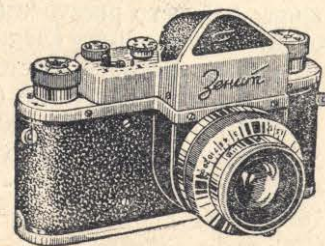


Рис. 56. Фотоаппарат «Зенит»

Фотоаппарат «Зенит» предназначен для любительских, репортажных и технических съемок; при наличии дополнительных переходных и промежуточных колец удобен для всевозможного вида репродукционных работ и для съемок через микроскоп. Основные характеристики аппарата: объектив — «Индустар-22» (или «Индустар-50») просветленный; фокусное расстояние — 50 мм; относительное отверстие (светосила) — $1:3,5$; диафрагма — 3,5; 4; 5,6; 8; 11; 16; затвор — шторный, со скоростями $\frac{1}{25}, \frac{1}{50}, \frac{1}{100}, \frac{1}{250}, \frac{1}{500}$ сек.; наводка на резкость — визуальная по матовой плоскости линзы; рассматриваемое изображение прямое с пятикратным увеличением; видимое в окуляре поле зрения — 20×28 мм (размер матовой плоскости линзы); дополнительное оснащение — сменные объективы в специальных оправах.

Фотоаппарат «Зенит» сконструирован на базе фотоаппарата «Зоркий» и имеет общую с ним принципиальную схему затвора.

Оптическая схема аналогична схеме, показанной на рис. 8.

При положении зеркала под углом в 45° к оптической оси объектива в момент, когда изображение объекта съемки наблюдается в окуляр лупы, затвор аппарата находится в заведенном состоянии.

Затвор включается при нажатии на спусковую кнопку, в момент полного подъема зеркала в крайнее верхнее положение. Возвращение зеркала в рабочее (нижнее) положение происходит при вращении заводной головки.

Следует иметь в виду, что сменные объективы для аппаратов «Зоркий» и «ФЭД» в аппарат «Зенит» устанавливать нельзя, так как рабочее расстояние этого аппарата намного больше рабочего расстояния аппаратов «Зоркий» и «ФЭД». Объективы к аппарату «Зенит» имеют специальные укороченные оправы. Рабочее расстояние объективов 45,2 мм.

Фотоаппарат «Зенит-С» (рис. 57) — новая модель камеры с синхростроением; имеет также некоторые улучшения в конструкции; выпускается взамен фотоаппарата «Зенит».

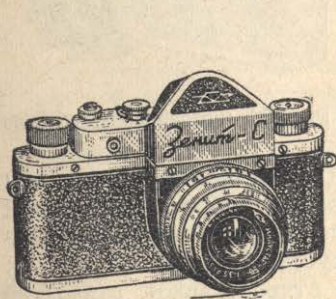


Рис. 57. Фотоаппарат «Зенит-С»

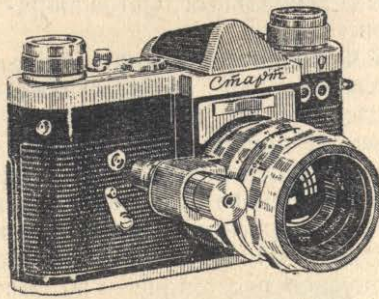


Рис. 58. Фотоаппарат «Старт»

Фотоаппарат «Старт» (рис. 58) является портативным зеркальным аппаратом высокого класса, работающим на стандартной перфорированной киноплёнке шириной 35 мм.

«Старт» отличается от фотоаппарата «Зенит» введением в конструкцию целого ряда усовершенствований и улучшений, а также наличием новых дополнительных устройств.

Основные характеристики аппарата: формат кадра — 24×36 мм; объектив — «Гелиос-44» просветленный; фокусное расстояние — 58 мм; относительное отверстие — 1:2; диафрагма — 2; 2,8; 4; 5,6; 8; 11; 16; затвор — шторный,

имеет механизм автоспуска, диапазон выдержек: $1, \frac{1}{2}, \frac{1}{5},$

$\frac{1}{10}, \frac{1}{25}, \frac{1}{50}, \frac{1}{100}, \frac{1}{250}, \frac{1}{500}, \frac{1}{1000}$ сек. и В; наводка на рез-

кость — по матовому стеклу и с помощью фокусирующих клиньев; рассматриваемое изображение — прямое с пятикратным увеличением; видимое в окуляре поле зрения — 22×33 мм; кассеты — металлические, с открывающейся щелью, разъемные; могут применяться также стандартные кассеты (неразъемные); задняя крышка камеры съемная; дополнительное оснащение — сменные объективы и шахтное устройство с лупой (без пентапризмы).

На заводной головке камеры шарнирно укреплен специальный рычаг, с помощью которого одним коротким движением пальца правой руки одновременно взводится затвор, передвигается пленка на один кадр, опускается зеркало и срабатывает счетчик.

Основной объектив аппарата снабжен механизмом для автоматической установки диафрагмы на заранее заданное значение при спуске затвора (механизм нажимной диафрагмы). Объектив укрепляется в гнезде камеры байонетной накидной гайкой.

Так же как и «Зенит», фотоаппарат «Старт» оборудован пентапризмой с лупой и предназначен для фотографирования с уровня глаз. Кроме обычной визуальной наводки на резкость по матовому стеклу в фотоаппарате «Старт» имеется возможность установки резкости с помощью нового клинового фокусирующего устройства (рис. 59).

В центре матового стекла (коллективной линзы) в плоскость, ограниченную окружностью, врезаны два взаимно пересекающихся прозрачных клина. Линия их пересечения точно совпадает с матированной плоскостью.

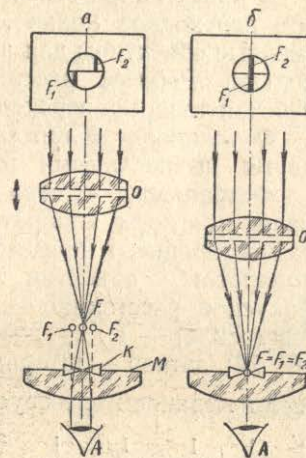


Рис. 59. Схема клинового фокусирующего устройства: O — объектив, K — клинья, M — матированная плоскость

Если объектив *O* неправильно наведен на снимаемый предмет и плоскость изображения не совпадает с матированной плоскостью коллективной линзы, то изображение предмета, наблюдаемое на участке расположения клиньев, будет казаться раздвоенным (рис. 59, а).

Слияние раздвоенного изображения в одно целое произойдет лишь в случае точной фокусировки объектива (рис. 59, б).

В фотоаппарат «Старт» при желании взамен пентапризмы легко устанавливается шахтное устройство (шахта с матовым стеклом и лупой).

В объективном гнезде камеры можно закрепить резьбовое переходное кольцо, в которое устанавливаются все сменные объективы для аппарата «Зенит» и промежуточные кольца. Рабочее расстояние камеры «Старт» — 42 мм; рабочая толщина переходного кольца — 3,2 мм.

Фотоаппарат «Старт» оборудован синхроустройством с двумя штепсельными разъемами.

Фотоаппарат «Киев» (рис. 60) является прецизионным малоформатным аппаратом, предназначенным для самого разнообразного применения. Основные характеристики аппарата: объектив — «Юпитер-8» просветленный; фокусное расстояние — 50 мм; относительное отверстие (светосила) — 1 : 2; диафрагма — 2; 2,8; 4; 5,6; 8; 11; 16; 22; затвор — шторный, с металлическими шторками; имеет механизм автоспуска, диапазон скоростей: $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{5}$,

$\frac{1}{10}$, $\frac{1}{25}$, $\frac{1}{50}$, $\frac{1}{125}$, $\frac{1}{250}$, $\frac{1}{500}$, $\frac{1}{1250}$ сек. и В (выдержка «от руки»); наводка на резкость — по дальномеру с базой 90 мм и шкале расстояний от 0,9 м до ∞ (бесконечности); кассеты — металлические, с открывающейся щелью, разъемные, возможно применение стандартных неразъемных кассет; дополнительное оснащение — сменные объективы. Конструктивные особенности фотоаппарата «Киев» существенно отличают его от других малоформатных аппаратов, работающих на киноплёнке.

Заводная головка аппарата одновременно выполняет три функции: завода затвора, перемотки пленки на один кадр и регулятора выдержек.

Перемотка пленки и завод затвора осуществляются поворотом головки по часовой стрелке до упора, а для установки требуемой выдержки головку приподнимают за накатку,

затем, вращая в нужную сторону, совмещают нанесенную на ней точку (индекс) с числом выбранной выдержки и опускают.

Для установки объектива на резкость служит зубчатое колесо, связанное с дальномером и механизмом фокусирования, которые составляют один неразъемный узел, вмонтированный в корпус аппарата. Внутренний подвижной тубус узла фокусирования одновременно является объективным гнездом и имеет байонетный замок*, служащий для крепления объективов с фокусным расстоянием 50 мм.

Дополнительные сменные объективы с другими фокусными расстояниями устанавливаются в аппарате при помощи аналогичного крепления, но гнездо байонетного замка в этом случае находится на оправе объектива; оно надевается на укрепленное в аппарате неподвижное кольцо с выступами.

Каждый дополнительный сменный объектив, устанавливаемый на неподвижное кольцо с выступами, имеет свой механизм фокусировки, шкалу расстояний и шкалу глубины резкости.

Связь с дальномером осуществляется путем сцепления внутреннего вращающегося тубуса оправы объектива с вращающимся тубусом узла фокусирования аппарата. Для удобства зарядки аппарата задняя крышка сделана съемной. При желании вместо приемной катушки в аппарате можно применять вторую кассету, благодаря чему исключается необходимость в обратной перемотке пленки и появляется возможность проявления любой части заснятого материала.



Рис. 60. Фотоаппарат «Киев»



Рис. 61. Фотоаппарат «Киев-III»

Фотоаппарат «Киев-III» отличается от модели «Киев» тем, что на его верхней крышке расположен фотоэлектрический экспонометр, представляющий неотделимую часть аппарата (рис. 61).

* Крепление объективов в штыковой оправе.

Экспонетр служит для контроля интенсивности освещения при фотосъемке и определения необходимой выдержки *.

Фотоаппарат «Ленинград» (рис. 62) — новый малоформатный аппарат с автоматическим взводом затвора, перемоткой пленки и универсальным светосильным видоискателем-дальномером.

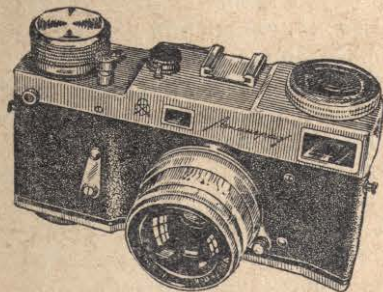


Рис. 62. Фотоаппарат «Ленинград»

Основной объектив аппарата — «Юпитер-8» с фокусным расстоянием 50 мм и относительным отверстием 1:2.

Резьбовое объективное кольцо имеет те же размеры, что и объективное кольцо в аппаратах «Зоркий» и «ФЭД».

Рабочее расстояние камеры позволяет применять в камере сменные объективы, имеющие рабочее расстояние $28,8 \pm 0,03$ мм (сменные объективы к аппаратам «Зоркий»).

Конструкция шторного затвора аналогична конструкции затвора аппарата «Зоркий-4». Затвор имеет такой же диапазон выдержек и механизм автоспуска.

Фотоаппарат «Ленинград» синхронизирован; система синхронизации с одним штепсельным разъемом и синхрорегулятором.

Задняя крышка камеры сделана съемной.

Кассеты — с открывающейся щелью (от аппарата «Киев»).

Благодаря наличию специальных рамок, видимых в поле зрения, в камере возможно применение сменных объективов с фокусными расстояниями 35—135 мм. Окуляр видоискателя-дальномера имеет диоптрийную фокусировку по глазу.

Основной объектив аппарата — «Юпитер-8» с фо-

Фотоаппарат «Смена» (рис. 63) является упрощенным малоформатным аппаратом жесткой конструкции, работающим на стандартной киноплёнке шириной 35 мм.

Основные характеристики аппарата: объектив — «Т-22» просветленный; фокусное расстояние — 40 мм; относительное отверстие (светосила) — 1:4,5; диафрагма — 4,5; 5,6; 8; 11; 16; 22; затвор — центральный, установленный сзади объектива; диапазон скоростей: $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{25}$, $\frac{1}{50}$, $\frac{1}{100}$, $\frac{1}{200}$ сек. и В (выдержка «от руки»); наводка на резкость — по шкале расстояний; кассеты — стандартные.

Корпус фотоаппарата и задняя крышка изготовлены из пластмассы. На наружной части корпуса расположены: затвор с укрепленным в нем объективом, головка перемотки пленки, видоискатель, счетчик кадров, кнопка механизма перемотки, клемма и замок задней крышки.

Наводка на резкость происходит путем перемещения объектива в червячной оправе, которая смонтирована в передней части затвора. Предельное выдвижение объектива соответствует расстоянию от объекта съемки — 1,3 м.

Перемотка пленки осуществляется вращением головки с накаткой. Счетчик кадров приводится в действие поворотом восьмизубцового барабана по мере продвижения пленки. Остановка ее передвижения при смене кадра происходит за счет имеющегося в механизме счетчика упора,

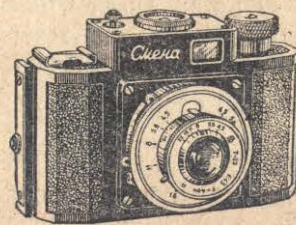


Рис. 63. Фотоаппарат «Смена»



Рис. 64. Фотоаппарат «Смена-2» с установленным съемным дальномером

который выключается при нажатии на кнопку механизма. В качестве приемной катушки используется вторая кассета (обратная перемотка пленки в аппарате не предусмотрена).

Фотоаппарат «Смена» особенно удобен для начинающих фотолюбителей. Аппарат очень прост по конструкции и в

* Подробнее см. соответствующую литературу.

обращении. При правильном использовании он обеспечивает получение негативов, с которых можно производить вполне удовлетворительные увеличения.

Фотоаппарат «Смена-2» (рис. 64) — модель аппарата с синхроустройством и с вмонтированным в затвор авто-спуском.

Для более точного определения расстояния до объекта съемки к фотоаппаратам «Смена» и «Смена-2» выпускается приставной дальномер, который при желании может быть закреплен в клемме на верхней крышке камеры. Дальномер является дополнительным устройством и с механизмом наводки на резкость не сопрягается.

Фотоаппарат «Москва-1» является первой моделью фотоаппарата «Москва». Он отличается от фотоаппарата «Москва-2» отсутствием дальномерного устройства и внешней отделкой. Аппарат получил сравнительно небольшое пространство, так как наводка на резкость при фокусном расстоянии объектива 110 мм только по шкале расстояний довольно затруднительна. В настоящее время не выпускается.

Фотоаппарат «Москва-2» (рис. 65) — складной фотоаппарат, работающий на роликовой пленке шириной 60 мм. Основные характеристики аппарата: формат кадра — 6×9 см, количество снимков в пленочной катушке — 8; объектив — «Индустар-23» просветленный; фокусное расстояние — 110 мм; относительное отверстие — $1:4,5$; диафрагма — 4,5; 5,6; 8; 11; 16; 22; 32; затвор — центральный, междулинзовый («Момент»), имеющий скорости: $1, \frac{1}{2}, \frac{1}{5}, \frac{1}{10}, \frac{1}{25}, \frac{1}{50}, \frac{1}{100}, \frac{1}{250}$ сек. и В (выдержка «от руки»); наводка на резкость — по дальномеру и шкале расстояний, производится отвинчиванием передней линзы объектива; шкала расстояний — от 1,5 м до ∞ (бесконечности); база дальномера — 65 мм.

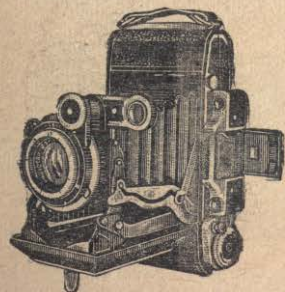


Рис. 65. Фотоаппарат «Москва-2»

Фотоаппарат имеет специальное блокировочное устройство, которое предохраняет от возможности сделать два снимка на один и тот же кадр.

Фотоаппарат «Москва-3» — см. стр. 72.

Фотоаппарат «Москва-4» отличается от модели «Москва-2» наличием синхроустройства и дополнительной кадровой рамки, позволяющей получать снимки форматом 6×6 см.

В задней крышке аппарата сделано дополнительное смотровое окно с красным фильтром, через которое ведется отсчет снятых кадров и установка пленки в соответствии с форматом 6×6 см. Количество снимков в катушке — 12 или 8 (в зависимости от выбранного формата). В переднем окне видоискателя имеется дополнительная откидная рамка, ограничивающая кадр по формату 6×6 см.

Фотоаппарат «Москва-5» (рис. 66) является усовершенствованной моделью аппарата «Москва-4».

Основные характеристики аппарата: формат кадра 6×9 см с дополнительной кадровой рамкой 6×6 см; количество снимков в катушке — 8 формата 6×9 см и 12 формата 6×6 см; объектив — «Индустар-24» просветленный; фокусное расстояние — 105 мм; относительное отверстие — $1:3,5$; диафрагма — 3,5; 4; 5,6; 8; 11; 16; 22; 32; затвор — «Момент-24С» с автоспуском и синхроустройством, диапазон выдержек: от 1 до $\frac{1}{250}$ сек. и В. Наводка на резкость — по дальномеру и шкале расстояний от 1,5 м до ∞ ; база дальномера — 65 мм.

Фотоаппарат «Москва-5» отличается красивой внешней отделкой, имеет более жесткий корпус, выполненный методом литья под давлением; видоискатель и дальномер скрыты под общим хромированным щитком. Задняя стенка камеры съемная.

Фотоаппарат «Любитель» (рис. 67) является двухобъективным аппаратом жесткой конструкции, работающим на роликовой пленке шириной 60 мм. Основные характеристики аппарата: формат кадра — 6×6 см; количество снимков в пленочной катушке — 12; объектив — «Т-22» просветленный; фокусное расстояние — 75 мм; относительное отверстие (светосила) — $1:4,5$; диафрагма — 4,5; 5,6; 8; 11; 16; 22; затвор — центральный, имеющий скорости:

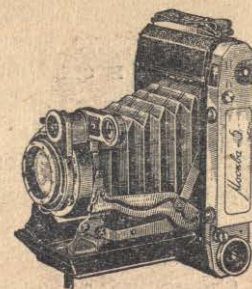


Рис. 66. Фотоаппарат «Москва-5»

$\frac{1}{10}$, $\frac{1}{25}$, $\frac{1}{50}$, $\frac{1}{100}$, $\frac{1}{200}$ сек. и В (выдержка «от руки»); наводка на резкость — по шкале расстояний и визуальная, по матовой плоскости, имеющейся в центре верхней линзы видоискателя.



Рис. 67. Фотоаппарат «Любитель»

Второй объектив, служащий для визуальной наводки, — ахроматическая линза с относительным отверстием $1:2,8$; шкала расстояний — от 1,3 м до ∞ (бесконечности). Использование второго, более светосильного объектива, обладающего меньшей глубиной резкости по сравнению со съемочным объективом, позволяет производить более уверенную наводку на резкость по матовому стеклу по сравнению с аналогичной наводкой непосредственно съемочным объективом.

Установка на резкость производится частичным вывинчиванием передней линзы съемочного объектива. Одновременно и пропорционально происходит выдвижение визирного объектива (ахроматической линзы). Оба объектива имеют червячные оправы, соединенные между собой наружными зубчатыми кольцами.

Фотоаппарат «Любитель-2» отличается от аппарата «Любитель» тем, что имеет вмонтированные в затвор механизм автоспуска и синхроконттакт.

Фотоаппарат «Спутник» (рис. 68) — стереоскопический аппарат, для работы на роликковой пленке шириной 60 мм. Формат кадра каждого снимка стереопары 6×6 см.

По своей конструкции аппарат «Спутник» представляет собой сочетание двух камер «Любитель» с общим зеркальным видоискателем.

Съемочные объективы «Т-22» — просветленные, с фокусным расстоянием 75 мм и относительным отверстием $1:4,5$. Объектив зеркального видоискателя имеет относительное отверстие $1:2,8$.

Фокусировка изображений на матовом кружке и на пленке происходит одновременно, так как объектив видоискателя и передние линзы обоих съемочных объективов соединены между собой зубчатыми оправками.

Затворы в фотоаппарате «Спутник» спаренные; действие светозащитных заслонок при экспонировании происходит одновременно; имеется механизм автоспуска и синхроустройство. Механизм автоспуска вмонтирован в корпус правого затвора, а синхроконттакт укреплен на левом.

Расстояние между оптическими осями съемочных объективов (стереобазис) 65 мм.

Один заряд пленки позволяет произвести 6 стереоскопических или 12 отдельных снимков.

Фотоаппарат «Салют» (рис. 69 и 70) — новый однообъективный зеркальный аппарат высокого класса для работы на роликковой пленке шириной 60 мм. Формат снимка 55×55 мм.

Аппарат имеет две приставные сменные кассеты со счетчиком снимков.

Кассета легко может присоединяться к камере и отсоединяться от нее на свету, вне зависимости от количества снятых кадров. Это возможно благодаря наличию в ее передней части шибера (заслонки).

Перемотка пленки в кассете и отмеривание необходимой длины ее для одного снимка происходит автоматически, так как при присоединении кассеты в камеру ее транспортирующий механизм и счетчик включаются в общую кинематическую схему аппарата.

Объективное гнездо камеры допускает быструю смену объективов. Основной объектив аппарата — «Индустар-29» с фокусным расстоянием 8 см и светосилой $1:2,8$. Оправа объектива с механизмом фокусировки и механизмом «прыгающей» диафрагмы (см. стр. 12). Для облегчения наводки на резкость в центре матового стекла имеется клиновое фокусировочное устройство.

Шторный затвор камеры обеспечивает широкий диапазон выдержек от 1 до $\frac{1}{1500}$ сек. и В.

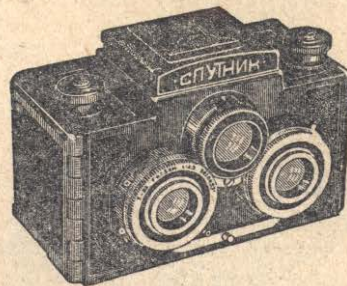


Рис. 68. Фотоаппарат «Спутник»

Фотоаппарат «Салют» синхронизирован. Система синхронизации полная (см. стр. 35).

Фотоаппарат «Москва-3» — складной фотоаппарат для работы на пластинках. Он сконструирован на базе фото-

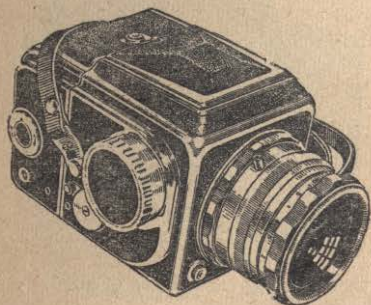
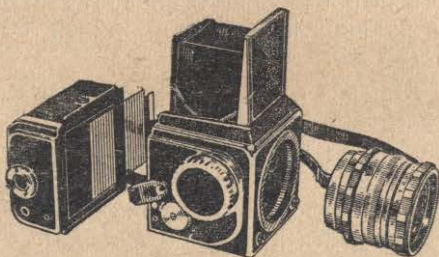


Рис. 69. Фотоаппарат «Салют»

Рис. 70. Фотоаппарат «Салют» со снятым объективом и кассетой



аппарата «Москва-1». Основные характеристики: размер пластинки — $6,5 \times 9$ см; объектив — «Индустар-23» просветленный; фокусное расстояние — 110 мм; относительное отверстие (светосила) — $1 : 4,5$; диафрагма — 4,5; 5,6; 8; 11; 16; 22; 32; затвор — центральный междулинзовый («Момент-3»), имеющий скорости: $1, \frac{1}{2}, \frac{1}{5}, \frac{1}{10}, \frac{1}{25}, \frac{1}{50}, \frac{1}{100}, \frac{1}{250}$ сек. В и Д (длительная выдержка); наводка на резкость — по матовому стеклу и по шкале расстояний (вывинчиванием передней линзы объектива); шкала расстояний — от 1,5 м до ∞ (бесконечности); кассеты — металлические, односторонние, приставные.

Фотоаппарат «Фотокор № 1» применяется в фотографической практике главным образом для различных техниче-

ских и репродукционных съемок. «Фотокор № 1» — складной универсальный аппарат для работы на фотопластинках (в настоящее время не выпускается).

Основные характеристики аппарата: размер пластинки — 9×12 см; объектив — «Ортагоз» с фокусным расстоянием 135 мм, относительным отверстием — $1 : 4,5$ и диафрагмами 4,5; 6,3; 9; 11; 16; 22; затвор — центральный междулинзовый, автоматический («ГОМЗ»), выдержки: $\frac{1}{25}, \frac{1}{50}, \frac{1}{100}$

сек., К и Д (выдержки «от руки»); наводка на резкость — по матовому стеклу и по шкале расстояний от 1 м до ∞ (бесконечности) передвижением объективной стойки с помощью кремальеры; мех камеры — конусный с двойным растяжением; кассеты — металлические, одинарные, выдвижные.

Фотоаппарат «ФК» — аппарат профессионального типа, рассчитанный для работы на пластинках.

В аппарат можно устанавливать помимо основного объектива, входящего в комплект, дополнительные сменные объективы с различными фокусными расстояниями.

В передней стенке камеры имеется устройство для вертикального и горизонтального смещения объектива. Рамка с матовым стеклом поворачивается для установки кассеты в горизонтальном или вертикальном положении. Задняя часть корпуса имеет уклоны, что необходимо для некоторого вида съемок.

Фотоаппарат выпускается двух форматов: 13×18 и 18×24 см. В комплект входит также штатив.

В аппарате 13×18 см — объектив «Индустар-51» с фокусным расстоянием 210 мм и относительным отверстием $1 : 4,5$; в аппарате 18×24 см — объектив «Индустар-13» с фокусным расстоянием 300 мм и относительным отверстием $1 : 4,5$; кассеты — деревянные, двойные, полушторного типа; мех камеры — квадратный, с двойным растяжением; наводка на резкость — по матовому стеклу, передвижением задней части камеры с помощью кремальеры. Фотоаппараты «ФК» затворов не имеют.

Фотоаппарат «Момент» (рис. 71). Фотоаппарат «Момент» работает на специальном фотоматериале и позволяет получать готовые фотоснимки непосредственно после съемки, без лабораторной обработки негатива и последующей печати и проявления позитива. Весь фотопроект происходит в самом фотоаппарате на месте съемки. Фотоматериал — фотоконкомплект «Момент» — представляет собой два ру-

лона специальной бумаги: негативной, светочувствительной (на катушке) и позитивной (без катушки).

На позитивной бумаге в соответствии с количеством отпечатков приклеены ампулы с проявляющей и фиксирующей пастой. После каждого произведенного снимка проэкспонированная негативная бумага вместе с позитивной бумагой протаскивается через стальные ролики; ампула, прикрепленная к бумаге, раздавливается, и паста распределяется по поверхности негативной и позитивной бумаги.



Рис. 71. Фотоаппарат «Момент»

Проявление и фиксирование негатива происходит одновременно в контакте с позитивной бумагой, на которой сразу же получается готовое позитивное изображение.

Основные характеристики аппарата: применяемый негативный материал — фотокомплект «Момент»; формат кадра — $8 \times 10,5$ см; количество снимков в фотокомплекте — 8; объектив — «Т-26» (трехлинзовый просветленный анастигмат); фокусное расстояние — 135 мм; относительное отверстие (светосила) — 1:6,8; диафрагмы — 6,8; 8; 11; 16; 22; затвор — центральный междулинзовый, диапазон

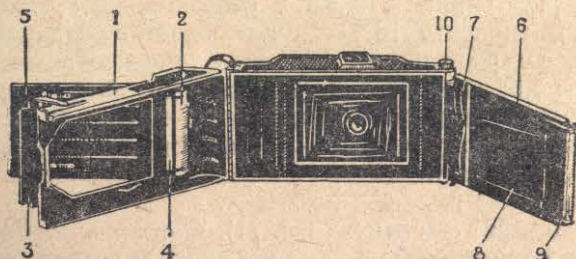


Рис. 72. Фотоаппарат «Момент» с открытыми крышками:

1 — наружная крышка, 2 — механизм фиксации кадра, 3 — откидной нож для отрыва заснятого негатива, 4 — стальной ролик, 5 — дверца наружной крышки, 6 — внутренняя крышка, 7 — кронштейн для установки катушки с негативной бумагой, 8 — прижимная планка, 9 — стальной ролик, 10 — кнопка замка наружной крышки

скоростей: $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{25}$, $\frac{1}{50}$, $\frac{1}{100}$, $\frac{1}{200}$ сек. и В (выдержка «от руки»); наводка на фокус — по шкале расстояний передвижением объективной стойки с помощью рычага от 1 м до ∞ (бесконечности); мех камеры — конусный, с одинарным растяжением.

Задняя часть аппарата имеет две крышки (рис. 72). Внутренняя крышка закрывает окно кадровой рамки и выравнивает негативную бумагу в плоскости рамки. В наружной крышке имеется окно с дополнительной дверцей, через которое извлекается готовый отпечаток.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ФОТОАППАРАТОВ

ЗАРЯДКА КАССЕТ

Кассеты фотоаппаратов заряжаются в полной темноте или при красном свете, в зависимости от свойств негативного материала.

Вся подготовительная работа, предшествующая зарядке (раскрытие кассет, их осмотр и необходимая чистка), производится на свету.

Зарядка пластиночных кассет сводится к вкладыванию в кассету фотопластины с последующим ее укреплением. При зарядке необходимо следить, чтобы пластинки в кассете или плоские пленки в специальных вкладышах были укреплены эмульсионным слоем вверх (к шиберу кассеты). Следует также учитывать, что при упаковке в коробки пластинки складываются слой к слою и завертываются по 6 штук сначала во влагонепроницаемую, а затем в черную бумагу.

Плоские пленки обычно складываются эмульсионным слоем к целлулоидной поверхности в две пачки по 6 листов.

Зарядка пленочных кассет малоформатных фотоаппаратов производится в следующем порядке: предварительно разобрав кассету, берут в правую руку катушку кассеты, как показано на рис. 73, а, и конец пленки, обрезанный уг-

лом, вставляют в зажим катушки эмульсионной стороной к себе; в случае если катушка вместо зажима (в прорези) имеет приклепанную плоскую планку, то конец пленки, вставленный под эту планку, необходимо загнуть (рис. 73,б); после этого пробуют надежность закрепления пленки в ка-

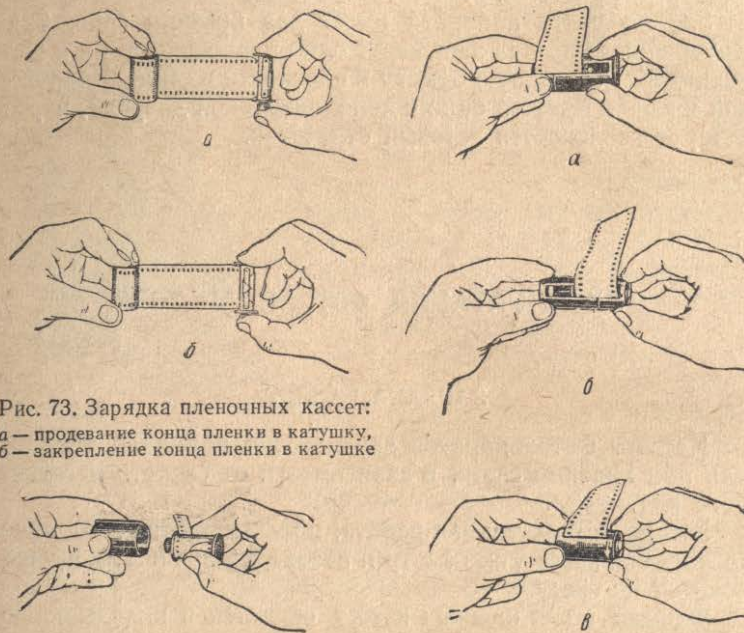


Рис. 73. Зарядка пленочных кассет:
а — продевание конца пленки в катушку,
б — закрепление конца пленки в катушке

Рис. 74. Вкладывание катушки с пленкой в корпус кассеты (щелевой)

тушке; далее следует намотка пленки, которую производят эмульсией внутрь; пленка наматывается на катушку туго; уплотняя намотку, придерживая катушку и натягивая пленку за свободный конец, нельзя, так как при этом витки сильно трутся друг о друга и на пленке образуются царапины.

Недопустимо во время намотки прикасаться пальцами к эмульсионному слою. Пленку придерживать можно только за перфорированные края.

Рис. 75. Вкладывание катушки с пленкой в двухцилиндровую кассету и закрывание кассеты:
а — вкладывание катушки с пленкой во внутренний цилиндр, б — вкладывание внутреннего цилиндра с катушкой в наружный цилиндр (корпус кассеты), в — закрывание кассеты поворотом внутреннего цилиндра

Катушку с намотанной пленкой вставляют в корпус кассеты, как показано на рис. 74 и 75, после чего кассету закрывают. Если зарядный конец пленки не имеет фигурного выреза, то его следует сделать, как показано на рис. 76.

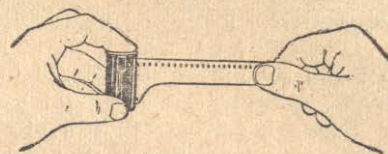


Рис. 76. Зарядный конец пленки, вытянутый из кассеты

ЗАРЯДКА ФОТОАППАРАТОВ

Зарядка фотоаппаратов «Зоркий», «Зоркий-2», «Зоркий-С», «Зоркий-2С», «ФЭД», «Зенит», «Зенит-С» производится на свету в следующей последовательности: 1) освободить аппарат от футляра, 2) выключатель механизма на верхней крышке поставить в рабочее положение, 3) поднять дужку замка нижней крышки и повернуть ее против часовой стрелки до упора; стрелка на замке должна совпасть со словом «откр.», 4) открыть крышку и вынуть приемную

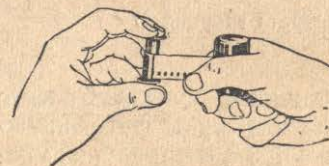


Рис. 77. Закрепление пленки в приемной катушке

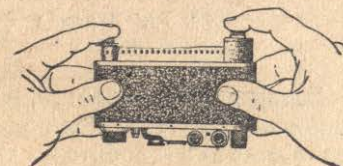


Рис. 78. Вкладывание кассеты и приемной катушки в аппарат

катушку, 5) осторожно поставить аппарат верхней крышкой на стол или на колени (объективом от себя), 6) вытянуть из кассеты зарядный конец пленки длиной не более 10—11 см и закрепить его на приемной катушке под пружину (как показано на рис. 77), равномерно опустить приемную катушку и кассету в соответствующие гнезда, одновременно вводя пленку в щель между корпусом аппарата и корпусом затвора (рис. 78); если кассета не доходит до места, то следует слегка повернуть головку обратной перемотки, 8) закрыть нижнюю крышку и повернуть дужку замка по часовой стрелке до упора; стрелка должна совпасть со словом «закр.», 9) два раза завести и спустить затвор (чтобы пере-

мотать зарядный конец пленки) и вращением лимба счетчика кадров против часовой стрелки установить нуль шкалы против стрелки на верхней крышке.

Вращение головки обратной перемотки против часовой стрелки во время взведения затвора показывает, что зарядка произведена правильно.

Зарядка фотоаппаратов «Киев», «ФЭД-2» и «Зоркий-3» отличается тем, что у них снимается вся задняя стенка, облегчая процесс зарядки (рис. 79).

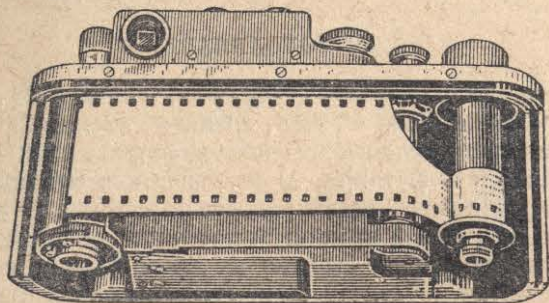


Рис. 79. Зарядка фотоаппарата «Зоркий-3»

Зарядка фотоаппаратов, работающих на роликовой пленке шириной 60 мм. Роликовая пленка для фотоаппаратов «Москва» и «Любитель» выпускается в специальной упаковке, которая состоит из катушки и светозащитной бумажной ленты. Пленка одним из концов приклеена к бумажной ленте и вместе с ней плотно намотана на катушку. Бумажная лента длиннее пленки на 80 см (по 40 см с каждого конца), поэтому в намотанном состоянии она надежно прикрывает пленку от света.

Зарядку фотоаппаратов «Москва» и «Любитель» производят на свету (не очень ярком) в следующей последовательности.

Открыв заднюю крышку, укрепляют пустую катушку на полуоси, находящейся в гнезде аппарата (со стороны головки перемотки пленки), затем срывают предохранительную наклейку с защитной бумажной ленты и укрепляют катушку с пленкой на полуоси, находящиеся в гнезде аппарата на противоположной стороне кадрового окна. Осторожно придерживая ролик от раскручивания, разматывают

с катушки конец защитной бумаги и закрепляют его в прорези пустой (приемной) катушки. Проверив правильность положения защитной ленты (она должна быть обращена красной стороной наружу, а черной — к объективу), поворачивают головку перемотки на 1—1½ оборота. Убедившись в надежности закрепления ленты на приемной катушке, закрывают крышку аппарата.

Далее следует открыть заслонку в смотровом окне задней крышки и, наблюдая в окно за знаками на защитной ленте, вращать головку перемотки пленки до появления в окне цифры 1 (перед цифрой 1 на ленте нанесен указатель в виде стрелки или руки).

Заключительной операцией зарядки является обязательное закрытие смотрового окна заслонкой. В дальнейшем, при перемотке пленки и процессе съемки и открывания смотрового окна, его необходимо оберегать от попадания прямого солнечного света.

ПОДГОТОВКА ФОТОАППАРАТА К СЪЕМКЕ

Подготовка к съемке аппаратов «Зоркий», «ФЭД», «Зоркий-3», «Киев». Перед съемкой необходимо: 1) раскрыть футляр, выдвинуть объектив и поворотом вправо укрепить его в рабочем положении, если объектив выдвижной конструкции, 2) проверить установку счетчика, 3) проверить положение выключателя затвора (аппараты «Зоркий», «ФЭД», «Зоркий-3»), 4) снять крышку с объектива, 5) в случае надобности надеть (ввинтить) светофильтр; 6) определить необходимую выдержку (по таблицам или экспонетру) для заданной диафрагмы, 7) установить диафрагму на объективе, 8) завести затвор вращением заводной головки до упора, 9) установить требуемую скорость затвора, 10) отойти от фотографируемого объекта на расстояние, необходимое для того, чтобы его изображение полностью умещалось в поле зрения видоискателя, 11) произвести наводку на резкость путем совмещения двух изображений, видимых в дальнотере, в одно или по шкале расстояний, 12) наблюдая в визир за положением снимаемого объекта, произвести съемку (нажав плавно на спусковую кнопку).

Порядок съемки фотоаппаратом «Зенит» отличается тем, что заданная диафрагма устанавливается после наводки объектива на резкость, а наводка на резкость производится визуально по матовому стеклу (или шкале расстояний).

Подготовка к съемке аппарата «Смена»: 1) открыть футляр и снять крышку с объектива, 2) определить необходимую выдержку для заданной диафрагмы, 3) установить кольцо регулировки выдержек на требуемую скорость и завести затвор, 4) установить диафрагму, 5) определить расстояние до объекта съемки путем измерения или визуально и навести объектив на резкость, совмещая шкалу расстояний (поворотом объектива) с имеющимся на затворе индексом (указателем), 6) наблюдая в видоискатель за положением снимаемого объекта, нажать на спусковой рычаг и произвести съемку, 7) нажать и отпустить кнопку счетчика и плавным вращением головки перемотки до упора перемотать пленку.

При перемотке пленки головку перемотки следует вращать осторожно. При торопливой и неравномерной перемотке можно порвать перфорацию пленки и нарушить работу счетчика.

Подготовка к съемке складных фотоаппаратов: 1) нажать на кнопку замка и открыть аппарат, 2) выдвинуть вперед объективную стойку до упора, если она не устанавливается автоматически (фотоаппараты «Фотокор» и «Момент»), 3) при съемке со штатива укрепить аппарат штативным винтом, 4) пользуясь видоискателем (или матовым стеклом — у аппарата «Фотокор»), скомпоновать снимаемый кадр и произвести наводку на резкость (по дальномеру, шкале расстояний или матовому стеклу), 5) в случае необходимости надеть на объектив светофильтр, 6) установить диафрагму на объективе*, 7) установить требуемую выдержку, 8) завести затвор (фотоаппараты «Москва», «Момент»), 9) наблюдая в визир, произвести съемку.

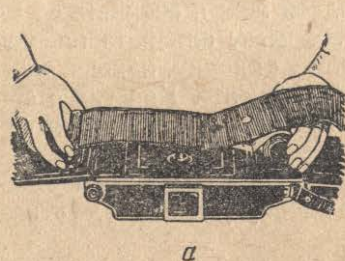
ФОТОАППАРАТ „МОМЕНТ“

Зарядка и порядок получения готового снимка. Зарядка аппарата производится на свету (не очень ярком) без применения кассет.

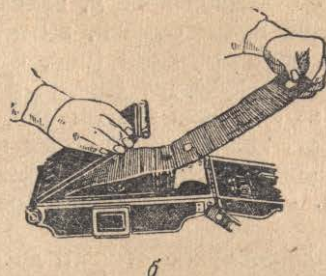
Освободив фотокомплект от упаковки и положив аппарат на стол или на колени задней крышкой вверх, нужно поднять откидной нож для отрыва заснятого негатива и, нажимая на кнопку, расположенную на боковой стенке корпуса,

* При наводке на резкость по матовому стеклу диафрагма устанавливается после наводки.

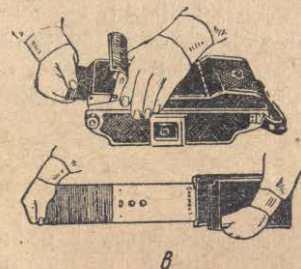
раскрыть основную (наружную) и внутреннюю крышки. Отклеив конец защитной ленты фотокомплекта, вставить в зажим кронштейна катушку с негативной бумагой и поме-



а

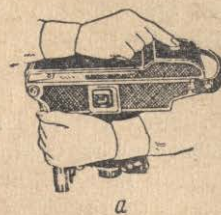


б

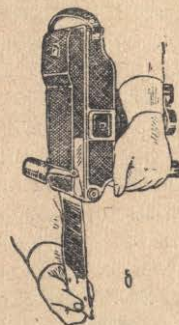


б

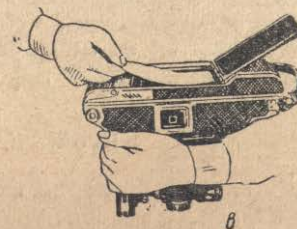
Рис. 80. Зарядка фотоаппарата «Момент»



а



б



б

Рис. 81. Фотоаппарат «Момент». Получение готового снимка

стить рулон с позитивной бумагой в гнездо корпуса аппарата (рис. 80,а). Затем следует закрыть внутреннюю крышку (рис. 80,б), повернуть защитную бумагу вокруг ролика и,

натянув ее (придерживая при этом рулон с позитивной бумагой), закрыть на защелку наружную крышку.

Для подготовки аппарата к съемке необходимо вытянуть бумажную ленту (рис. 80,а) до появления надписи «Снимок 1», прижать до конца откидной нож и оборвать об его край выступающую бумагу. Раскрытие аппарата (съёмочной части) производится нажимом на кнопку, находящуюся впереди корпуса под табличкой «Момент». Каретка с объективной стойкой выдвигается вручную до сцепления ее с рычагом фокусировки.

Для получения готового фотоснимка после произведенной съемки требуется нажать на кнопку фиксатора до отказа и опустить ее (рис. 81,а).

Затем необходимо поднять откидной нож и, захватив рукой за середину выступающий конец бумаги, вытянуть ее из аппарата до автоматической задержки (рис. 81,б).

С целью обеспечения хорошего качества снимка рекомендуется вытягивать бумагу из аппарата равномерно, достаточно быстро и без перекосов. Необходимое время контакта (проявления и фиксирования) исчисляются с момента прекращения движения ленты. Продолжительность проявления около 3 мин. *.

По истечении времени проявления нужно открыть дверцу наружной крышки (рис. 81,в) и, захватив бумагу за овальное отверстие, аккуратно оторвать готовый снимок от ленты, поднимая его вдоль вырубков на краях.

Заключительной операцией является закрепление изображения специальным стабилизирующим раствором, который наносится на лицевую сторону отпечатка с помощью тампона, имеющегося в фотокомплекте.

ПРОВЕРКА АППАРАТУРЫ

Детальная проверка фотоаппаратуры требует наличия специального измерительного инструмента и приборов. В любительской практике можно произвести только частичную, приблизительную проверку работы отдельных узлов и механизмов аппарата.

* В описании, вкладываемом в каждый пакет фотокомплекта, даются дополнительные указания о выборе экспозиции для различных условий освещения и продолжительности процесса проявления в зависимости от температуры воздуха.

Проверка установки (юстировка) объектива съемкой (фотоаппараты «Зоркий», «ФЭД», «Зоркий-3», «Киев», «Зенит»). Аппарат прочно укрепляют на столе или на устойчивом штативе и на трех разных расстояниях от него, как указано на рис. 82, устанавливают три одинаковые «миры» (например, газетные заголовки или листы бумаги с четкими линиями различной толщины). Расстояние между крайними мирами должно соответствовать глубине резкости объектива*.

На схеме (рис. 82) показана установка фотоаппарата «Зоркий» с объективом $f=50$, имеющим светосилу $1:3,5$. В данном случае расстояние задней стенки аппарата до средней миры должно соответствовать $1,25 \pm 0,003 \text{ м} = 1,253 \text{ м}$ (см. стр. 38). Съемка производится с полностью открытой диафрагмой и выдержкой не более $\frac{1}{100} - \frac{1}{50}$ сек.

Нажатие на спусковую кнопку необходимо произвести с помощью гибкого тросика.

Полученный негатив рассматривают в сильную лупу. При правильной установке объектива в аппарате все три миры должны быть одинаково резкими. Если на негативе резким будет только изображение передней миры, а средняя и задняя миры будут нерезкими, объектив слишком удален от плоскости пленки. Наоборот, если резкой получилась только задняя мира, а средняя и передняя нерезки, объектив слишком приближен к пленке. Проверку установки объектива на бесконечность производят фотографированием предметов с четкими контурами, удаленными на расстоянии 150—200 м. При фотографировании очень удаленных предметов их контуры на негативе могут получаться нерезкими даже при правильной юстировке объектива (влияние тумана, дымки и пр.). При проверке правильности разбивки шкалы расстояний можно произвести аналогичные съемки и с ряда других дистанций.

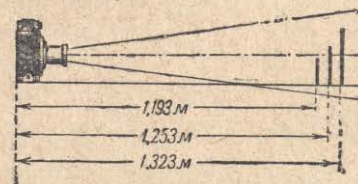


Рис. 82. Схема установки фотоаппарата для проверки юстировки объектива съемкой

* См. раздел «Оптика» (стр. 152) и «Краткий фотографический справочник», «Искусство», изд. 2, 1953 (таблицы глубины резкости, стр. 224).

Проверку дальномера производят сравнением показаний шкалы с действительным расстоянием до предмета. Двоение изображения по вертикали показывает, что дальномер неисправен.

Работу затвора можно проверить съемкой ровно освещенной матовой серой поверхности, судя по равномерности распределения плотности по полю кадра *.

Определить правильность продолжительности выдержки и степень даваемых затвором искажений можно, только пользуясь специальными приборами.

Проверка фотоаппаратов «Зоркий» и «ФЭД» на светонепроницаемость. При проверке аппарата с целью точного определения причины засветки пленки (прокол шторки, обрыв ленточки и т. д.) соблюдают следующие правила: 1) заряжают пленку в аппарат, как обычно для производства съемки, 2) взводят и спускают затвор два-три раза (чтобы перемотать засвеченную при зарядке пленку); вновь взводят затвор и устанавливают выдержку В («от руки»), 4) снимают крышку с объектива, устанавливают его в рабочее положение и полностью открывают диафрагму, 5) выносят аппарат при взведенном затворе на интенсивный свет на 3—5 мин., 6) вносят аппарат в полностью затемненное помещение (фотолабораторию) и осторожно вывертывают объектив, 7) взяв аппарат в левую руку, открывают шторки затвора (нажимая на спусковую кнопку), осторожно мягким карандашом обводят контур кадрового окна на пленке и в середине кадра ставят единицу или крест, после чего отпускают кнопку и несколько раз взводят и спускают затвор, 8) вторично, заметив положение пленки в аппарате, устанавливают объектив на место и снова подвергают аппарат воздействию на него света, уже при спущенном затворе, чтобы проверить в т о р у ю шторку.

После проявки пленки, в случае выявившейся засветки, сравнивая положение пленки в аппарате в момент испытаний, легко определить местонахождение прокола шторки или какой-либо другой неисправности, имеющейся в аппарате.

Во время испытаний во избежание прожога шторок солнечными лучами ни в коем случае нельзя поворачивать аппарат объективом к солнцу.

* Фотографирование следует производить длиннофокусным объективом. При фотографировании короткофокусным объективом неравномерность освещенности поля кадра от центра к краям может быть вызвана не работой затвора, а объективом.

УСТРАНЕНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ФОТОАППАРАТА

Хорошо отрегулированный и отъюстированный фотоаппарат при аккуратном обращении с ним должен работать в течение длительного времени, не требуя никакой дополнительной регулировки, подтяжки винтов и пр.

Устранение неисправностей в фотоаппарате, как и во всяком другом точном и сложном приборе, производить в любительских условиях практически почти невозможно. Дать какие-либо рекомендации и рецепты также чрезвычайно затруднительно, так как в фотоаппаратах могут быть самые разнообразные неисправности.

Для того чтобы произвести квалифицированный ремонт и регулировку фотоаппарата, помимо основательных знаний материальной части аппарата необходимы сложное механическое оборудование и измерительные приборы.

Обычно попытки фотолюбителей устранить ту или иную незначительную неисправность вызывают поломку других деталей, восстановление которых подчас бывает непосильно даже хорошо оснащенным мастерским.

Остановимся лишь на некоторых незначительных дефектах аппаратов, устранение которых можно рекомендовать любителям, знакомым с регулировкой и сборкой точных приборов.

Неравномерность подачи пленки. В фотоаппаратах «Зоркий» и «ФЭД» набегание снимка один на другой или полный отказ механизма в перемотке может произойти в случае недостаточно тугой посадки приемной катушки на барабан фрикциона или в случае ослабления пружины фрикциона (см. рис. 36).

Для устранения этой неисправности необходимо открыть нижнюю крышку аппарата, осторожно отвернуть в левую сторону фасонную гайку, снять с оси барабан 5 и несколько отогнуть лапки 7. Отгибка лапок регулируется таким образом, чтобы приемная катушка надевалась на барабан достаточно туго. Затем проверяют посадку катушки на барабан и работу пружины 6. При свободном вращении барабана 5 на оси пружину 6 несколько растягивают или заменяют новой. Сборка узла производится в обратном порядке: сначала надевается на ось барабан 5, потом стальная шайба, пружина 6 и фасонная гайка.

Подъюстировка дальномера «Зоркий» и «ФЭД». Вертикальное двоение изображения в дальномере устраняется следующим образом: отвернув декоративное кольцо левого окна дальномера 1 (рис. 83), незначительными поворотами оптического клина добиваются устранения двоения. Отвертывать кольцо окна дальномера надо очень осторожно, лучше всего при помощи куска листовой резины.

В оправе клина имеются шлицы, в которые вставляется специальный ключик (в крайнем случае тонкий пинцет).



Рис. 83. Дальномер фотоаппарата «Зоркий»:

1 — декоративное кольцо, 2 — оптический клин, 3 — винт, закрывающий регулировочное отверстие дальномера

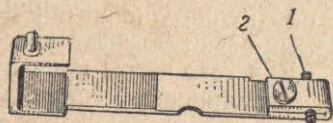


Рис. 84. Рычаг призмы дальномера фотоаппарата «Зоркий»

Несовпадение показаний дальномера со шкалой можно попытаться устранить поворотом регулировочного винта 1 (рис. 84), находящегося на рычаге зеркала, для этого необходимо отвернуть винт 3 (рис. 83), вставить в отверстие тонкую часовую отвертку (1—1,2 мм) и, нащупав шлиц винта, незначительно поворачивать его, добиваясь совмещения изображения.

Если регулировочный винт 1 (рис. 84) не повертывается (это может быть в случае сильной затяжки винта 2), то подъюстировку производить не рекомендуется во избежание поломки винта 1.

ЭЛЕМЕНТАРНАЯ ФОТООПТИКА

ФОТОГРАФИЧЕСКИЙ ОБЪЕКТИВ И ОБРАЗОВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Объектив фотоаппарата является самой важной его частью.

При помощи объектива на светочувствительном материале образуется изображение снимаемых предметов. Масштаб этого изображения и четкость его зависят от свойств и качеств объектива.

Фотообъектив представляет собой собирающую центрированную оптическую систему, т. е. такую систему, в которой центры всех составляющих ее линз лежат на одной прямой линии и которая преломляет падающие на нее лучи в направлении к центру, т. е. «собирает» их.

Воображаемая прямая линия, соединяющая центры линз объектива, называется оптической осью объектива.

В принципе объектив работает, как обыкновенная положительная линза.

Образование изображения при помощи объектива показано схематически на рис. 85.

Каждая точка освещенного предмета АВ отбрасывает во все стороны световые лучи. Часть этих лучей в виде расходящихся конусообразных пучков попадает на переднюю поверхность объектива (или линзы). Каждый такой пучок, преломившись, оказывается внутри фотоаппарата пучком сходящимся. В точке схождения образуется изображение той точки, из которой эти лучи исходят. Изображения всех отдельных точек предмета в совокупности и составляют изображение предмета в целом.

Из рисунка ясно и то, почему изображение получается перевернутым.

Место и размер изображения зависят от преломляющей способности линзы, т. е. от того, насколько сильно отклоняет линза падающие на нее лучи от их первоначального

направления. Чем больше будет преломляющая способность линзы, тем ближе к линзе расположатся вершины пучков A_1 и B_1 , тем меньше будет расстояние между ними и, следовательно, изображение предмета будет тем ближе к линзе и мельче.

Преломляющая способность линзы, в свою очередь, зависит от двух факторов: а) от кривизны поверхностей

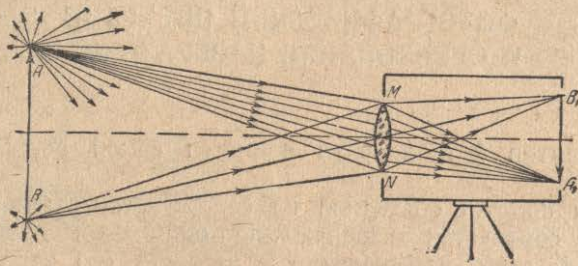


Рис. 85. Образование изображения объективом

линзы, б) от преломляющей способности стекла, из которого сделана линза.

Место изображения и его размер зависят также и от удаленности предмета.

Если предмет AB постепенно удалять от объектива, то его изображение A_1B_1 будет приближаться к объективу и уменьшаться в размере. Плоскость предмета AB и плоскость изображения A_1B_1 называются сопряженными плоскостями, так как каждому положению AB соответствует вполне определенное положение A_1B_1 . Вначале изменение места и размера изображения происходит быстро, затем все медленнее и медленнее; в конце концов изображение займет некоторое постоянное положение и больше приближаться к объективу не будет.

Плоскость изображения в этом случае называется фокальной плоскостью, а точка пересечения этой плоскости с оптической осью — точкой фокуса объектива.

На рис. 86 показан ход лучей в этом случае. Вместо предмета AB мы взяли объект CD , который во много раз больше, чем AB . Сам объект CD на рисунке не показан, так как он находится очень далеко (как говорят, в бесконечности), а соответствующими очень далеко (как говорят, в бесконечности), а соответствующими буквами обозначены пучки лучей, исходящие от его крайних точек. Буквой F обозна-

чен пучок лучей, исходящий от точки объекта, лежащей на оптической оси объектива. (Пучки лучей, исходящие из бесконечно удаленных точек, можно считать пучками параллельными.)

Положение фокальной плоскости и точки фокуса для каждого объектива строго постоянное. Расстояние от центральной точки последней поверхности задней линзы объектива до точки фокуса называется задним отрезком объектива.

Величина заднего отрезка зависит от конструкции объектива. Для оптической характеристики объектива, т. е. для характеристики его преломляющей способности, пользуются не величиной заднего отрезка, а величиной фокусного расстояния.

Фокусное расстояние отсчитывается также по оптической оси до точки фокуса, но не от задней линзы, а от некоторой воображаемой точки, положение которой тоже строго постоянное в каждом

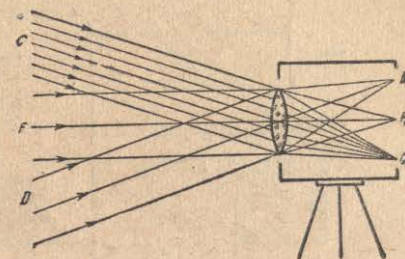


Рис. 86. Образование изображения предмета, лежащего в бесконечности: D_1C_1 — фокальная плоскость; F_1 — точка фокуса

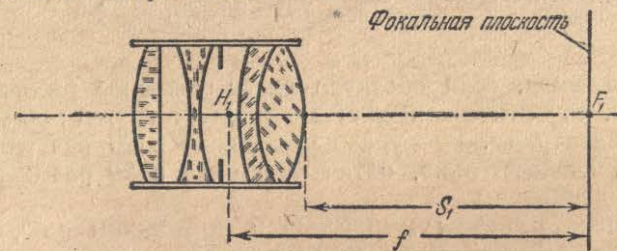


Рис. 87. Фокусное расстояние и задний отрезок объектива: F_1 — точка фокуса, H_1 — задняя главная точка, S_1 — задний отрезок объектива, f — фокусное расстояние объектива

объективе (хотя она и воображаемая). Эта точка называется задней главной точкой объектива (рис. 87).

Фокусное расстояние объектива зависит исключительно от его преломляющей способности, т. е. от его

оптической силы; чем больше оптическая сила объектива, тем короче его фокусное расстояние, и наоборот. Зависимости же между фокусным расстоянием и задним отрезком объектива нет (рис. 88).

Оптическая сила обычно исчисляется в диоптриях, хотя можно ее характеризовать и непосредственно величиной фокусного расстояния.

За единицу принимается оптическая сила линзы, имеющей фокусное расстояние, равное 1 м.

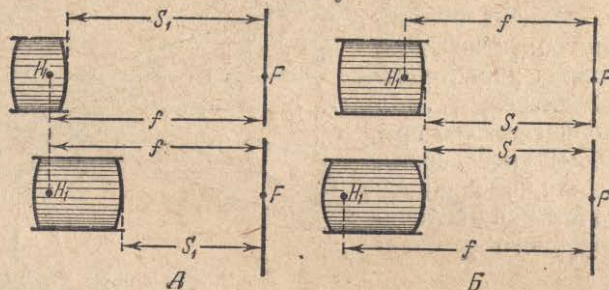


Рис. 88. Зависимость фокусного расстояния от оптической силы объектива:

А — эти объективы имеют одинаковую оптическую силу (т. е. дают изображения, одинаковые по масштабу); фокусные расстояния объективов одинаковы, хотя задние отрезки их различны, Б — эти объективы имеют разную оптическую силу (т. е. дают изображения разные по масштабу); фокусные расстояния объективов различны, хотя задние отрезки их одинаковы

Например, если объектив имеет фокусное расстояние 50 мм, то оптическая сила его равна $1000 \text{ мм} : 50 \text{ мм} = 20$ диоптриям. (Фокусное расстояние в 20 раз меньше метра, следовательно, оптическая сила в 20 раз больше, чем 1 диоптрия.)

Теперь вернемся к рис. 85 и представим себе, что предмет АВ постепенно приближается к объективу. Его изображение A_1B_1 при этом непрерывно увеличивается в своем размере и удаляется от объектива. Это изменение происходит все быстрее и быстрее. Пучки лучей, посылаемые точками предмета в объектив, становятся все шире ($\angle MAN$ и $\angle MBN$ непрерывно увеличиваются), и наконец наступит такой момент, когда оптическая сила объектива окажется недостаточной, чтобы свести лучи пучков после

преломления в точки, а следовательно, изображение предмета не образуется (рис. 89).

Невозможность получить изображение предмета наступает в тот момент, когда предмет достигнет некоторой определенной плоскости, называемой передней фокальной плоскостью. Положение этой плоскости в каждом объективе также постоянно. Точка пересечения передней фокальной плоскости с оптической осью объектива называется точкой переднего фокуса объектива.

Расстояние от точки переднего фокуса до центральной точки передней поверхности первой линзы объектива называется передним отрезком объектива.

Если от точки переднего фокуса отложить по оптической оси в направлении к объективу величину фокусного расстояния, то будет найдена передняя главная точка объектива (которая, так же как и задняя главная точка, является воображаемой).

Воображаемые плоскости, проходящие через переднюю и заднюю главные точки перпендикулярно оптической оси, называются главными плоскостями объектива.

На рис. 90 показаны постоянные точки и плоскости объектива.

Расположение постоянных точек и плоскостей объектива бывает и иным, чем то, что показано на рис. 90.

Так, например, в телеобъективах главные плоскости оказываются вынесенными вперед, в сторону предметов (рис. 91), вследствие чего фокусное расстояние объектива значительно больше его заднего отрезка *.

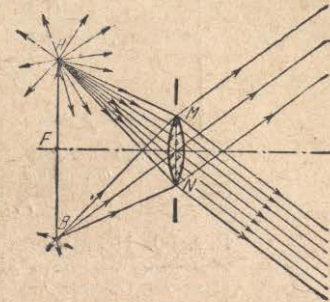


Рис. 89. Предмет находится в фокальной плоскости; изображение не образуется

* Практики часто называют телеобъективом любой длиннофокусный объектив. Это неверно. Телеобъективом называется такой объектив, у которого главные плоскости вынесены вперед. Отношение фокусного расстояния к заднему отрезку в телеобъективе называется величиной телеувеличения.

Дальше всего вперед вынесены главные плоскости в телеобъективах зеркально-линзового типа, как, например, в наших отечественных фотообъективах «МТО» с фокусными

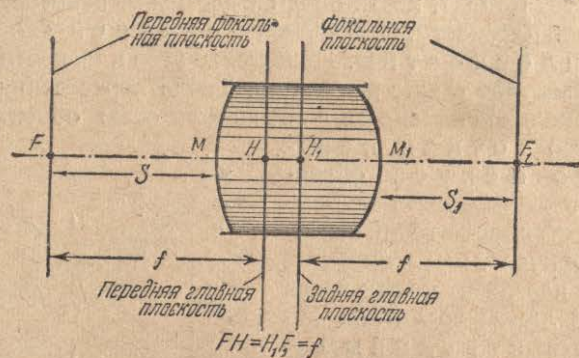


Рис. 90. Постоянные точки и плоскости объектива:
 F — точка переднего фокуса, F_1 — точка фокуса, H — передняя главная точка, H_1 — задняя главная точка, f — фокусное расстояние, S и S_1 — передний и задний отрезки, M и M_1 — центральные точки поверхностей крайних линз

расстояниями 500 и 1000 мм, выпускаемых для малоформатных камер.

В некоторых объективах, наоборот, главные плоскости

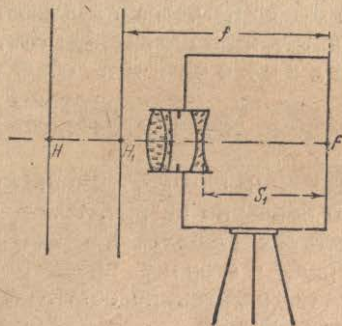


Рис. 91. Главные плоскости объектива вынесены вперед

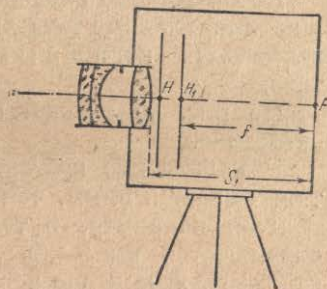


Рис. 92. Главные плоскости объектива вынесены назад

вынесены назад, в сторону изображения (рис. 92), вследствие чего задний отрезок получается больше фокусного расстояния объектива.

Такая конструкция применяется иногда в короткофокусных объективах для зеркальных камер, так как при нормальном расположении главных плоскостей задний отрезок оказался бы настолько коротким, что в пространстве между объективом и светочувствительным слоем уложить механизм с зеркалом было бы трудно.

Такова, например, конструкция фотообъектива «МИР-1», предназначенного для применения в качестве сменного объектива в малоформатных зеркальных камерах «Зенит».

Наконец в некоторых сложных объективах главные плоскости перемещены (рис. 93).

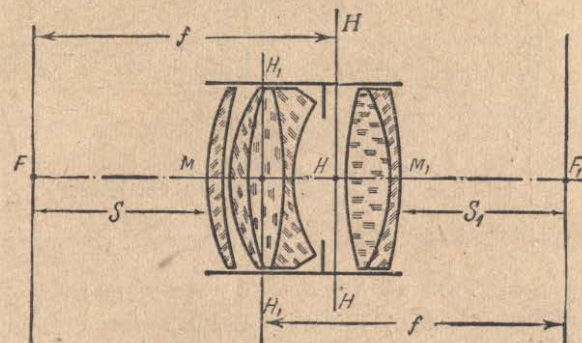


Рис. 93. Главные плоскости объектива перемещены

Такая конструкция объектива позволяет уменьшить размеры аппарата, не уменьшая при этом фокусного расстояния объектива.

Однако, как и всегда, фокусные расстояния (переднее и заднее) равны между собой и отсчитываются каждое от своей главной плоскости.

Чтобы понять, как в принципе достигается то или иное перемещение главных плоскостей в объективах, разберем случай, приведенный на рис. 91,— вынесение плоскости вперед.

Пусть параллельный пучок лучей падает на положительную линзу \$A\$ и преломляется ею (рис. 94). На пути преломленного сходящегося пучка помещена отрицательная линза \$B\$, которая отклоняет лучи, но не столь сильно, чтобы пучок стал расходящимся или параллельным, а лишь настолько, что точка фокуса из \$F\$, где она была бы, если бы отрицательной линзы не было, переместится в некоторую точку \$F_1\$.

Если теперь продолжить сходящиеся в точке F_1 лучи I и II в обратном направлении до пересечения их с лучами I и II параллельного пучка, то плоскость H_1H_1 , проведенная через точки пересечения, даст нам положение, где могла бы находиться одна положительная линза, вполне заменяющая нашу систему из двух линз. Точнее говоря, H_1H_1

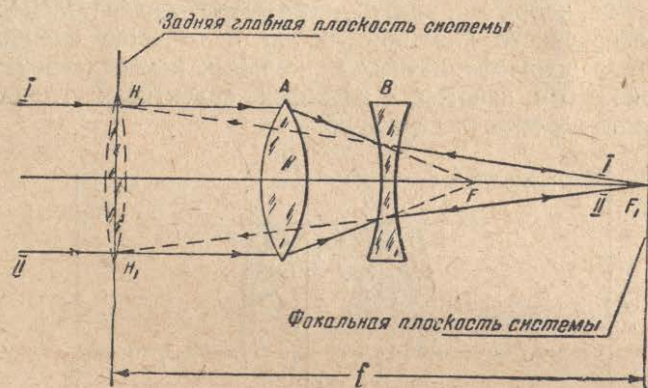


Рис. 94. Ход лучей в телеобъективе

является задней главной плоскостью этой линзы (обозначенной на чертеже пунктирно.) Эта линза при фокусном расстоянии f дала бы изображение такого же масштаба, как и наша система из двух линз. Следовательно, f есть фокусное расстояние нашей системы, а H_1H_1 — ее задняя главная плоскость. Рассмотренная система и есть телеобъектив.

Расстояния от соответствующих главных плоскостей объектива до сопряженных плоскостей (предмета и изображения) и фокусное расстояние данного объектива взаимосвязаны между собой следующей зависимостью, называемой основной формулой линзы (рис. 95):

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f},$$

где a — расстояние от передней главной плоскости до плоскости предмета,

b — расстояние от задней главной плоскости до сопряженной плоскости изображения,

f — фокусное расстояние объектива.

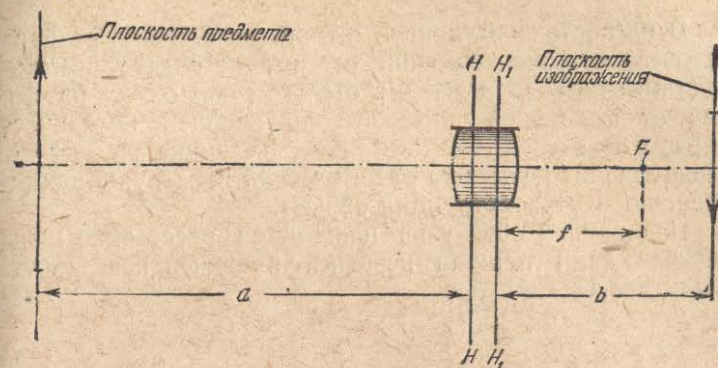


Рис. 95. К основной формуле линзы

В табл. 1 приведены величины заднего и переднего отрезков и фокусных расстояний в некоторых наиболее распространенных отечественных фотообъективах. Эти данные позволяют определить положение главных и фокальных плоскостей по отношению к объективу.

Таблица 1

Величины заднего и переднего отрезков и фокусных расстояний в некоторых наиболее распространенных отечественных фотообъективах

Объектив	Задний отрезок в мм	Длина объектива в мм	Передний отрезок в мм	Фокусное расстояние в мм	Расположение главных плоскостей
«Юпитер-12» . . .	7,80	34,35	36,68	35,74	Обе плоскости вынесены вперед, передняя — вне объектива
«Юпитер-3» . . .	23,61	38,30	43,44	52,54	Обычное
«Юпитер-8» . . .	27,75	31,74	49,77	52,45	Обычное
«Юпитер-9» . . .	40,77	53,85	74,07	84,51	Перемещены
«Юпитер-11» . . .	62,47	59,35	165,10	133,14	Вынесены вперед, вне объектива
«Индустар-22» . .	43,65	18,86	41,20	52,43	Перемещены
«Индустар-23» . .	96,52	25,40	110,44	110,61	Обычное

В паспортах объективов обычно указывается величина рабочего отрезка. Рабочий отрезок не следует путать с задним отрезком. Рабочим отрезком называют расстояние от фокальной плоскости до опорной поверхности оправы объектива. Следовательно, величина рабочего отрезка зависит не только от оптической конструкции объектива, но и от конструкции оправы.

Под длиной объектива понимается расстояние между центральными точками передней и задней поверхностей объектива.

АБЕРРАЦИИ

В предыдущей главе было сказано, что фотообъектив работает в принципе так же, как и обыкновенная положительная линза. Различие заключается в том, что изображение, полученное при помощи линзы, обладает рядом недостатков, называемых aberrациями, тогда как изображение, даваемое объективом, в известной мере свободно от недостатков, а потому более резкое по всей своей площади (особенно по краям) и более правильное в смысле геометрического подобия его снимаемому предмету.

Не во всяком объективе все aberrации устранены в значительной степени. Тем не менее объективом любой конструкции, в том числе и простой положительной линзой, можно в ряде случаев успешно пользоваться. Надо лишь знать, какие недостатки присущи каждому из имеющихся объективов, и ясно представить себе, какого характера изображение желательно получить.

Рассмотрим, что представляет собой каждая из aberrаций в отдельности и как она влияет на изображение.

Сферическая aberrация и кома. Край линзы преломляют лучи сильнее, чем это необходимо для собирания пучка в одну точку.

Любую линзу можно представить как состоящую из бесконечно большого числа концентрических колец. Каждое такое кольцо (рис. 96) собирает падающие на него лучи в свою точку. Чем дальше от центра линзы

расположена кольцевая зона, тем ближе к линзе точка схода преломленных ею лучей.

Таким образом, каждое кольцо может рассматриваться как самостоятельный объектив, имеющий свою фокальную плоскость. Вследствие этого вместо одного изображения предмета получается ряд изображений, как бы нанизанных на оптическую ось.

В какой бы из плоскостей (F_1 , F_2 , F_3 или F_4) ни был помещен светочувствительный слой, резким на нем окажется лишь одно изображение, и на это резкое изображение наложится ряд других, нерезких и не одинаковых с ним по размеру. В результате рисунок изображения получится в общем нерезким, размытым.

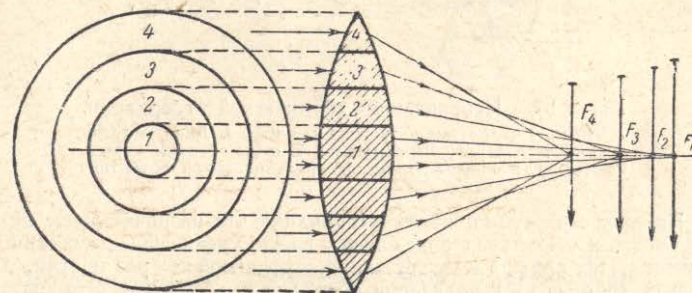


Рис. 96. Схема сферической aberrации

Это явление называется сферической aberrацией.

При небольших диаметрах линзы сферическая aberrация (ее величина измеряется расстоянием F_1F_4) невелика и размытость рисунка не очень сильна; рисунок изображения, как говорится, получается «мягким», что в некоторых случаях бывает даже желательным. С увеличением диаметра линзы сферическая aberrация стремительно возрастает, так как $F_1F_2 < F_2F_3 < F_3F_4$, и рисунок изображения теряет четкость.

В объективах сферическую aberrацию исправляют путем подбора линз различных форм. (К собирающей линзе присоединяют рассеивающую линзу меньшей оптической силы с соответственно рассчитанными радиусами кривизны ее поверхностей.)

Однако полное исправление сферической aberrации может быть достигнуто лишь для какой-либо одной

кольцевой зоны; для других же зон aberrация при этом уменьшится, но полностью не устранится.

Сферическая aberrация в объективах обычно полностью бывает устранена для самой крайней зоны (рис. 97).

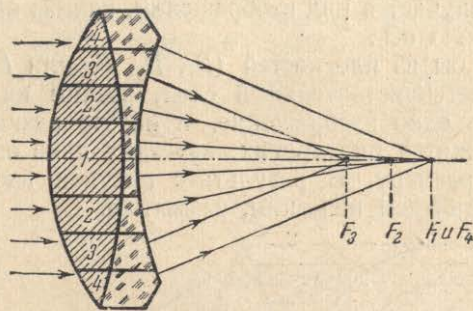


Рис. 97. Исправление сферической aberrации. Aberrация полностью устранена для зоны 4. Лучи, преломленные этой зоной, пересекаются в точке F_1 , где пересекаются лучи, преломленные центральной зоной объектива

Поэтому следует принимать во внимание, что незначительное диафрагмирование объектива в ряде случаев влечет уменьшение резкости изображения, так как при этом срезаются диафрагмой как раз те лучи, для которых достигнуто исправление сферической aberrации. Это явление ощутимо, например, при работе объективами «Индустар-10» (аппарат «ФЭД») и «Индустар-22» (аппараты «Зоркий» и «Зенит»), которые при диафрагмировании до отметки 4—4,5 дают менее резкий рисунок, чем при полном открытии диафрагмы (отметка 3,5). Дальнейшее диафрагмирование вновь повышает резкость рисунка за счет значительного уменьшения диаметра действующего отверстия объектива. (Здесь имеется в виду лишь резкость изображения предметов, находящихся в плоскости наводки, т. е. в плоскости, сопряженной с плоскостью изображения. О влиянии диафрагмирования на глубину резкости см. стр. 149.)

* * *

При сферической aberrации пучка лучей, наклонного к оптической оси, поверхность, огибающая совокупность преломленных лучей, не симметрична по отношению к центральному лучу пучка, и поэтому точки предмета, лежащие в стороне от оптической оси, изображаются в плоскости светочувствительного материала не в виде кружков, а в виде фигур рассеяния замысловатых форм.

Это явление называется *комой* (рис. 98). При наличии комы рисунок изображения в своих краевых частях нечеток, расплывчат.

В объективах кома исправляется также подбором линз, но подбор этот осуществляется по другому расчету, чем для исправления сферической aberrации. Поэтому в некоторых объективах при достаточно хорошо исправленной сферической aberrации кома остается неисправленной или исправленной не столь значительно.

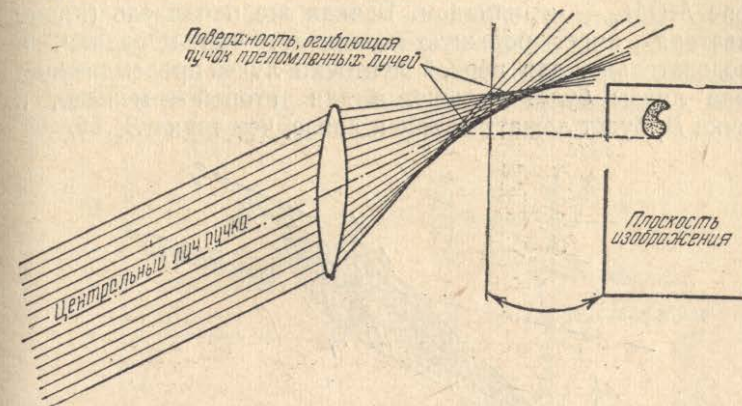


Рис. 98. Схема комы

Астигматизм и кривизна поля изображения. При наблюдении на матовом стекле изображения, даваемого простой положительной линзой, нетрудно обнаружить, что изображение не лежит в одной плоскости: если матовое стекло установить так, чтобы получилось резкое изображение в центре, то края изображения будут нерезкими, если же матовое стекло приблизить к линзе, то резкость крайних частей изображения улучшится, но при этом будет нерезкой центральная его часть. Кроме того, в краевых частях изображения вообще невозможно получить одновременной резкости вертикальных и горизонтальных линий.

Явление это называется *астигматизмом*.

Причина астигматизма заключается в том, что конусообразный пучок лучей, падающих от точки предмета на линзу наклонно к ее оптической оси, дает после преломления не одну точку схода лучей, а две точки, одна из которых ближе к линзе, а другая дальше от нее.

На рис. 99 видно, что среди лучей конусообразного пучка, падающего на линзу от точки B предмета, можно

выделить две ленточки лучей, первая из которых, ленточка NBN_1 , встречает поверхность линзы по линии NON_1 , а вторая ленточка MBM_1 — по линии MOM_1 . Поверхность линзы представляет собой часть шарообразной поверхности, для которой пояс NON_1 (продолжите линию NON_1 мысленно до полной окружности) является параллелью, а пояс MOM_1 — меридианом. Всякая же параллель (кроме экватора) имеет большую кривизну, чем меридиан, а следовательно, для первой ленточки лучей преломляющая сила линзы будет больше, а для второй — меньше, и точка B_1 будет лежать ближе к линзе, чем точка B_2 .

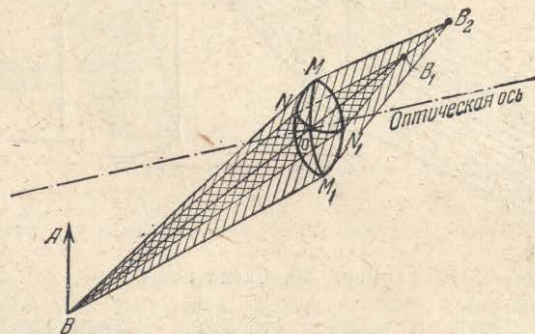


Рис. 99. Схема астигматизма

Чем под большим углом к оптической оси падает на линзу пучок лучей, тем большая кривизна линии NON_1 будет определять для него преломляющую силу линзы и тем больше будет расстояние между точками B_1 и B_2 . Для пучка лучей, параллельного оптической оси, обе точки схода — B_1 и B_2 — совпадут в одну точку, так как для этого пучка кривизна NON_1 окажется частью экватора и будет одинакова по форме с кривизной MOM_1 . (Поэтому в центре изображения астигматизма и не наблюдается.)

Таким образом, вместо одного изображения плоского предмета линза дает два изображения. Оба изображения к тому же не являются плоскими, а представляют собой по форме как бы чаши (рис. 100, а).

Исправление астигматизма в объективах достигается весьма сложным путем подбора линз в соответствии со строгим расчетом.

Если при соответствующем подборе линз удалось достичь совпадения положения обеих «чаш», то такой

объектив дает одинаково резкое изображение и вертикальных и горизонтальных линий (рис. 100, б). Однако одинаковой резкости по центру изображения и по краям он дать не может. Такой объектив называют астигматически исправленным, но в нем остается кривизна поля изображения.

Если в объективе почти достигнуто то, что оба изображения не только совпадают между собой, но, кроме того, являются еще и плоскими, то такой объектив свободен и от астигматизма и от кривизны поля изображения и называется анастигматом (рис. 100, в).

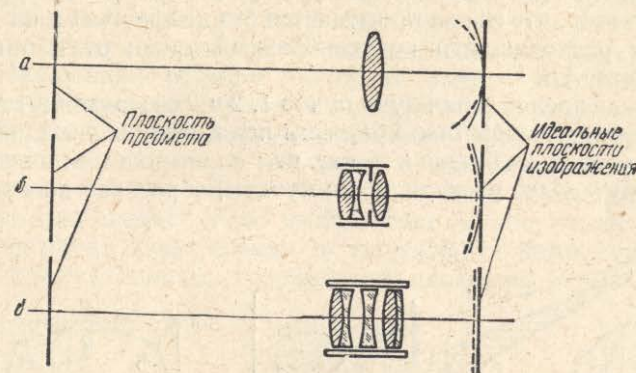


Рис. 100. Исправление астигматизма и кривизны поля изображения

Однако следует знать, что абсолютного исправления астигматизма и кривизны поля изображения одновременно достичь не удастся и остатки этих aberrаций присущи в той или иной мере даже лучшим объективам — анастигматам. Наиболее часты остатки этих aberrаций в объективах широкоугольных.

Дисторсия. Дисторсией называется aberrация, в силу которой изображение геометрически не подобно предмету. Влияние дисторсии на изображение наиболее заметно тогда, когда очертания предмета содержат прямые линии (например, архитектурные сооружения, чертежи и пр.). Прямые линии предмета при наличии дисторсии в объективе получаются на изображении изогнутыми.

По своему характеру дисторсия бывает двух видов: бочкообразная и подушкообразная. Характер дисторсии связан с расположением диафрагмы. Так, например, про-

стая положительная линза с диафрагмой, расположенной впереди, дает изображение прямоугольного предмета, похожее на бочку, а с диафрагмой, расположенной сзади, — похожее на подушку (рис. 101).

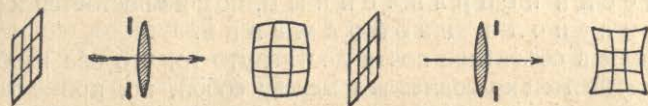


Рис. 101. Схема дисторсии

Причина дисторсии показана на рис. 102. Вначале представим себе, что линза применяется без диафрагмы и на нее падает расходящийся конусообразный пучок от точки A предмета AB .

После преломления лучи пучка 1, 2 и 3 соберутся в точке A_1 , которая вследствие кривизны поля изображения находится несколько ближе к линзе, чем пластинка или пленка, и пойдут далее расходящимся пучком, образовав на свето-

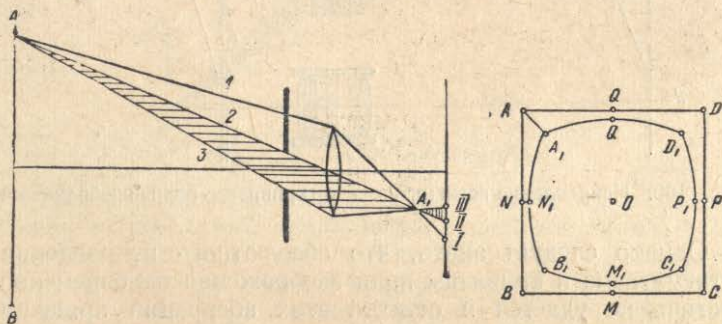


Рис. 102. Схема бочкообразной дисторсии

чувствительном слое изображение точки A в виде кружка с диаметром $I—III$. Теперь поместим перед линзой диафрагму. Диафрагма срежет часть конусообразного пучка, идущего от точки A , и на линзу упадут лишь лучи, заключенные в части конуса между лучами 2 и 3 (на рисунке эта часть заштрихована). На светочувствительном слое изображение точки будет теперь в виде кружка с меньшим диаметром $II—III$, и расположится это изображение ближе к оптической оси, т. е. к центру пластинки. Построив несколько аналогичных чертежей, легко убедиться, что чем дальше точка A лежит от оптической оси, т. е. чем под большим уг-

лом падают от нее лучи на линзу, тем больше будет смещение изображения к центру пластинки.

В правой части рис. 102 $ABCD$ есть изображение квадрата, полученное при отсутствии диафрагмы. В присутствии диафрагмы изображение квадрата несколько уменьшится в размере и примет бочкообразную форму, так как точки A, B, C и D , находящиеся дальше других от оптической оси, получают большие смещения к центру O , чем точки M, N, P и Q . Разность отрезков AA_1 и NN_1 и обусловит степень дисторсионного искажения.

При помощи аналогичного построения легко убедиться, что при диафрагме, расположенной позади линзы, изображение квадрата приобретет подушкообразную форму.

Наилучшим образом дисторсия бывает исправлена в симметричных объективах с диафрагмой, расположенной в середине между двумя одинаковыми оптическими компонентами (например, объектив «Ортагоз» фотоаппарата «Фотокор № 1»). Если при применении симметричного объектива предмет и его изображение расположены также симметрично (при съемке в натуральную величину), то достигается полное исправление дисторсии (рис. 103).

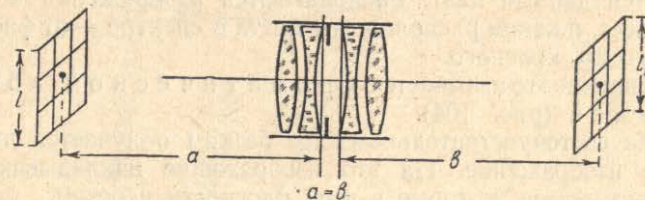


Рис. 103. При съемке симметричным объективом предмета в натуральную величину дисторсия отсутствует

Иногда для укрупнения масштаба изображения пользуются одной половиной симметричного объектива, вывернув другую.

В этом случае нужно иметь в виду, что диафрагма окажется или впереди, или сзади объектива (в зависимости от того, какая половина удалена) и появится дисторсия (или бочкообразная, или подушкообразная).

В несимметричных объективах исправить дисторсию полностью не удастся. Лучшее исправление дисторсии в объективах несимметричной конструкции достигается для определенного положения предмета. Так, например, в

объективах «Индустар-10» и «Индустар-22» дисторсия лучше всего исправлена для случая бесконечно удаленного предмета и хуже всего — для случая съемки в натуральную величину. (Поэтому и не рекомендуется этими объективами производить крупномасштабные съемки.)

Наиболее трудно устранить дисторсия в широкоугольных объективах.

Хроматическая аберрация и хроматическая разность величин изображений. Преломляющая сила линзы по отношению к лучам различных цветов неодинакова. Сильнее других лучей линза преломляет лучи фиолетовые, а слабее — красные.

Единый пучок лучей сложного цвета разлагается линзой при преломлении на целый ряд пучков элементарных цветов, каждый из которых после преломления имеет свою точку схода. Поэтому если плоский предмет сложного цвета, то изображение его не может расположиться в одной плоскости; получается вместо одного изображения целый ряд изображений, как бы нанизанных на оптическую ось.

Каждое из этих изображений одноцветно и изображены в нем лишь те части предмета, в составе которых имеется данный цвет. Располагаются изображения в том порядке, в каком расположены цвета в спектре — от фиолетового до красного.

Явление это называется **хроматической аберрацией** (рис. 104).

На светочувствительном слое резким получается лишь одно изображение. На это изображение накладываются все остальные, которые в этой плоскости нерезки.

Величина хроматической аберрации измеряется расстоянием по оптической оси между точками фокусов крайних цветовых лучей. Чаще оценивают хроматическую аберрацию по расстоянию между точками фокусов синих и красных лучей. (На рис. 104 это расстояние между плоскостями *С* и *К*.)

Распределение мест одноцветных изображений в границах между синим и красным изображениями не всегда одинаково, хотя и имеет постоянный порядок. Так, например, расстояние между плоскостями *С* и *Ж* (рис. 104) может быть больше расстояния между плоскостями *Ж* и *К*, а может быть, наоборот, меньше его.

Как величина, так и характер хроматической аберрации зависят от сорта стекла, из которого сделана линза.

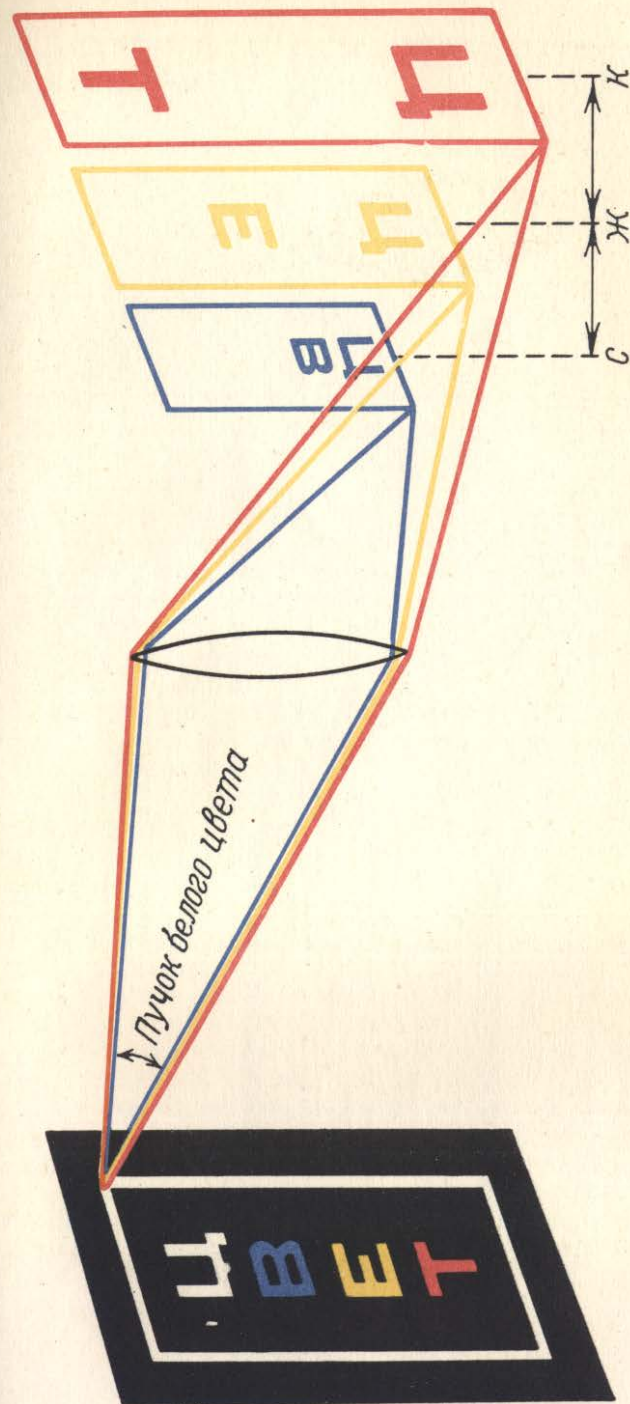


Рис. 104. Схема хроматической аберрации

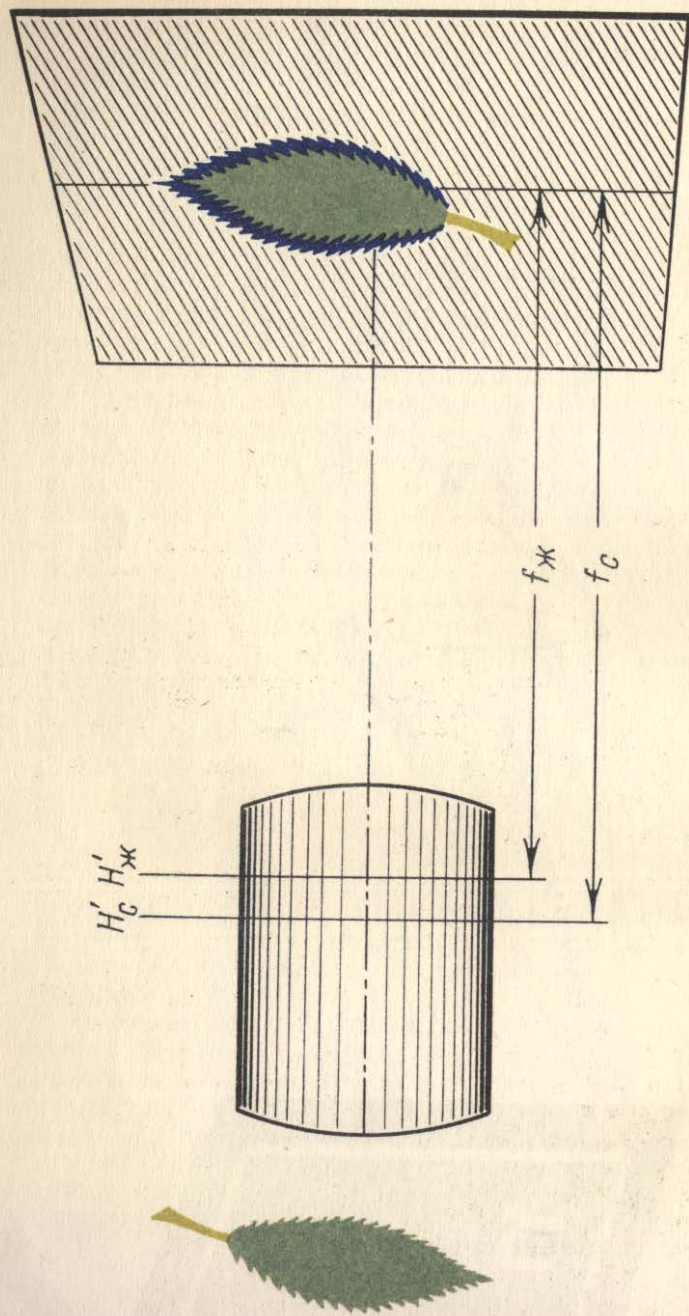


Рис. 105. Схема хроматической разности величин изображений:

$H'_ж$ — задняя главная плоскость для желтых лучей, H'_c — задняя главная плоскость для синих лучей, $f_ж$ — фокусное расстояние для желтых лучей, f_c — фокусное расстояние для синих лучей

Этим и пользуются для исправления хроматической аберрации в объективах.

Исправление достигается путем соединения положительных и отрицательных линз из разных сортов стекла. Подбирая отрицательную линзу к положительной (причем, конечно, меньшей оптической силы, чем положительная линза) таким образом, чтобы в системе совпали фокусы лучей каких-либо двух цветов, получают ахроматически исправленный объектив, или ахромат. Если удастся достичь совпадения фокусов лучей трех цветов, то получают апохроматически исправленный объектив, или апохромат. Однако для апохроматического исправления чаще всего приходится соединять не две, а три линзы. Подбор линз очень сложен особенно потому, что приходится учитывать необходимость одновременного исправления нескольких аберраций.

Объектив, исправленный для лучей двух цветов, все-таки дает хроматическую аберрацию лучей других цветов спектра. Эта остаточная аберрация называется вторичным спектром. Вполне понятно, что вторичный спектр остается и при апохроматическом исправлении, но в этом случае он настолько незначителен, что на изображение практически не влияет.

В некоторых объективах не осуществлено совмещение фокусов даже для лучей двух цветов, но величина хроматической аберрации (на рис. 104 — расстояние $СК$) доведена до столь малой величины, что они пригодны для цветной съемки.

* * *

Объективы с исправленной хроматической аберрацией могут быть несвободными еще от одного хроматического недостатка, называемого хроматической разностью величин изображений, вследствие чего контуры отдельных частей рисунка в краевых участках изображения оказываются окруженными цветной каймой.

Происходит это потому, что положение задней главной точки объектива неодинаково для лучей различных цветов (рис. 105). Поэтому даже в случае совмещения точек фокусов фокусные расстояния для лучей этих цветов оказываются различными, а это значит, что и размеры изображений будут различны. На светочувствительном слое, помещенном в плоскости совмещенных изображений,

оба изображения будут резкими, но то изображение, которое больше по размеру, образует резкую цветную кайму.

Объективы, у которых исправлены обе хроматические погрешности, причем для любых расстояний до предмета, называются стабильно ахроматизованными.

Большинство фотообъективов не являются стабильно ахроматизованными, но хроматическая разность величин изображений доводится в них до величины, обеспечивающей достаточно хороший результат при практической работе.

РАЗРЕШАЮЩАЯ СИЛА ОБЪЕКТИВА

От того, в какой мере объектив свободен от аберраций, зависит четкость даваемого им рисунка.

Для сравнения объективов друг с другом по четкости рисунка введено понятие разрешающей силы объектива.

Под разрешающей силой объектива понимается максимальное число линий, которое объектив способен изобразить раздельно на 1 мм длины в плоскости изображения (при условии, что ширина линий равна ширине промежутков между ними). Измеряется разрешающая сила при помощи

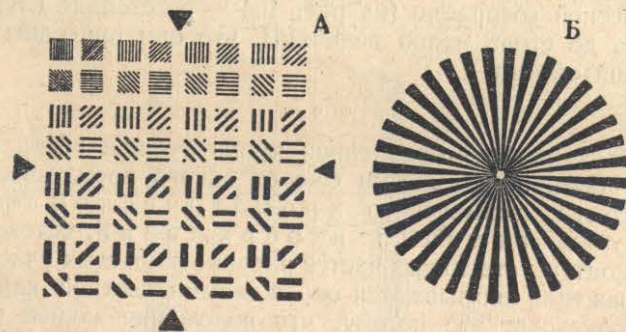


Рис. 106. Типы мир:
А — штриховая мира, Б — радиальная мира

мир, т. е. испытательных таблиц. Миров применяются самых разнообразных видов. На рис. 106 приведены два наиболее распространенных типа мир.

Определяют разрешающую силу двояко: 1) визуально, т. е. путем непосредственного наблюдения через микроскоп изображения мира, полученного при помощи испытуемого объектива; 2) фотографически, т. е. путем съемки мира испытуемым объективом.

При визуальном способе результаты не зависят от качеств фотографической эмульсии, и численно разрешающая сила получается больше, чем при определении ее фотографическим способом, но все равно объектив, показавший большую разрешающую силу в оптическом изображении, обеспечит большую разрешающую силу и на снимке. В справочниках чаще приводятся данные, полученные фотографическим путем.

Разрешающая сила снижается к краям изображения, так как большинство аберраций сказывается именно на краевых частях поля. Поэтому в справочниках и каталогах приводится обычно два значения разрешающей силы: для центра и для края поля определенного размера.

Для более полной осведомленности об объективе не безынтересно знать также промежуточные значения разрешающей силы, чтобы иметь представление о характере ее спада от центра изображения к краям. Исследования показывают, что характер спада разрешающей силы у разных объективов не одинаков: одни объективы дают равномерно четкое изображение на большой площади снимка и заметное снижение четкости к самым краям его, для других объективов характерна постепенность снижения четкости, начинающаяся почти от самого центра снимка.

Для фотолюбителя не представит значительной сложности способ определения разрешающей силы по зонам поля изображения путем съемки таблицы, составленной из нескольких радиальных мир.

Изготовление радиальных мир. Изготавливать миры нужно очень тщательно, так как необходимо, чтобы границы штрихов до самого центра были вполне четкими.

Лучшим и наиболее простым способом является способ печатания мир на фотобумаге последовательным экспонированием каждого луча фонариком, имеющим клиновидную щель и вращающимся вокруг оси. Точные положения при экспозиции обеспечиваются тридцатью шестью штифтами, расположенными по окружности строго через 10° друг от друга (рис. 107).

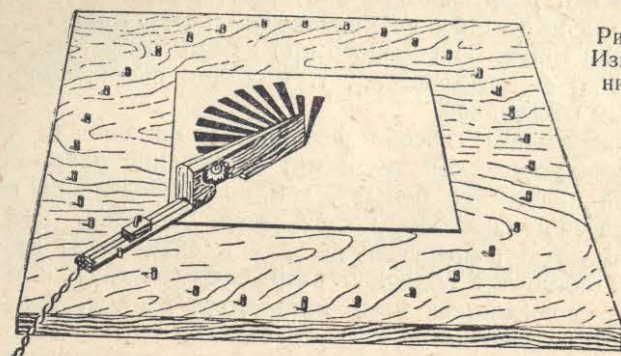


Рис. 107.
Изготовле-
ние мир

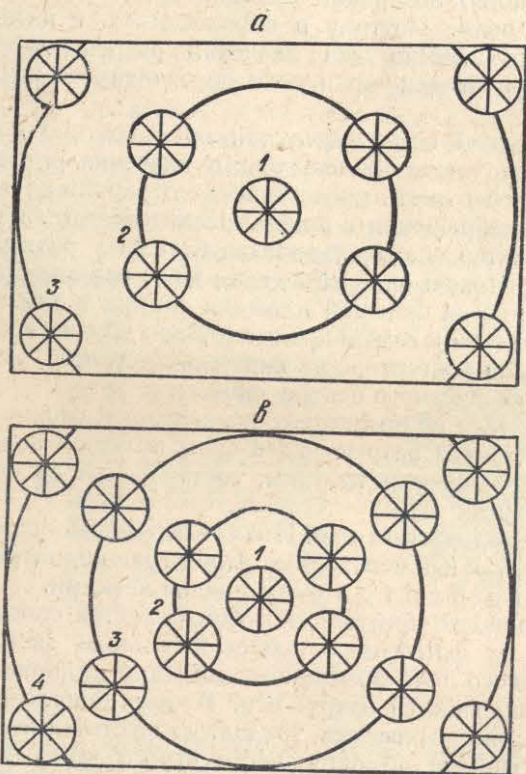


Рис. 108. спосо-
бы размещения
мир на испыта-
тельном щите

Изготовленные миры числом 9 или 13 монтируются на плоском щите, который геометрически подобен кадру камеры, т. е. имеет такое же соотношение сторон.

Например, для испытания объектива в аппарате «Зоркий», где кадр имеет размеры 24×36 мм, можно взять щит размером $2,4 \times 3,6$ м, т. е. по линейным размерам в 100 раз больший, чем кадр в этом аппарате.

Монтируются миры с таким расчетом, чтобы было возможно получить характеристику разрешающей силы по нескольким зонам кадра (рис. 108): *a* — по трем зонам, *b* — по четырем зонам кадра.

Условия съемки мир. При съемке щита нужно строго соблюдать параллельность плоскостей щита и фотопластинок. Центр средней миры должен находиться на оптической оси объектива, т. е. ее изображение должно получаться точно в центре кадра. Щит должен точно вписываться в кадр.

Снимать щит с мирами рекомендуется на тех самых пластинках (или пленках), которыми намечено пользоваться при последующих практических съемках. Экспозиция при съемке должна быть нормальной, т. е. негатив, проявленный при нормальном режиме, должен обладать достаточным контрастом — черные части миры должны быть прозрачными, а светлые части миры должны обладать достаточной плотностью.

При всех испытаниях условия съемки, материалы, рецептура и режим обработки должны быть строго стандартизованы.

Для измерений полученный негатив ставится в увеличитель, который регулируется на точно отмеренное увеличение (например, в 5 или 10 раз). В качестве экрана берется гладкая белая бумага. Измерения можно производить непосредственно на экране, не изготовляя отпечатка.

Подсчет разрешающей силы. Изображение каждой миры можно представить как бы состоящим из ряда концентрических колец (рис. 109), каждое из которых представляет кольцообразную полосу, состоящую из 36 штрихов и 36 равных им по ширине промежутков. По мере приближения к центру полосы становятся более короткими, а штрихи и промежутки на них более тонкими. На некотором расстоянии от центра штрихи и промежутки начинают сливаться, образуя сплошное серое поле.

Нужно найти наиболее близкое к центру кольцо, в котором еще можно различить чередование темных и светлых полос, или, иначе говоря, найти границу сплошного серого круга, внутри которого уже не различаются лучи миры. Измерив диаметр этого серого круга в миллиметрах и умножив его на 3,14, определим длину окружности, т. е. длину полоски, на протяжении которой 36 штрихов и 36 промежутков еще разрешаются данным объективом. Разделив эту

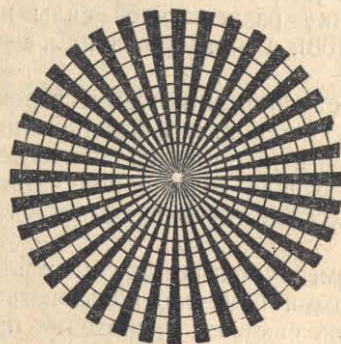


Рис. 109. К способу подсчета разрешающей силы

длину на величину увеличения, узнаем ее размеры на негативе. Теперь, разделив число 36 на длину полоски в миллиметрах, получим разрешающую силу в линиях на 1 мм.

Например: негатив испытательного щита рассматривается на экране увеличителя при десятикратном увеличении; диаметр сплошного серого круга на изображении центральной миры оказался равным 4 мм, на изображениях промежуточных миров — 5 мм, а на изображениях крайних мир — 7 мм. Умножив полученные числа на 3,14, получим

соответствующие этим диаметрам длины окружностей $4 \times 3,14 = 12,6$ мм, $5 \times 3,14 = 15,7$ мм, $7 \times 3,14 = 22,0$ мм.

Разделив все эти числа на 10, получим длины соответственных окружностей на негативе: они будут равны 1,26 мм, 1,57 мм и 2,2 мм. Значит, 36 линий разрешены в центре на длине 1,26 мм, в промежуточной зоне на 1,57 мм и по краям — на 2,2 мм.

Отсюда разрешающая сила в центре поля $\frac{36}{1,26} = 29$ линий на 1 мм, в промежуточной части поля $\frac{36}{1,57} = 23$ линии на 1 мм и по краям поля $\frac{36}{2,2} = 16$ линий на 1 мм.

При повторных измерениях нет надобности в последовательном повторении всех вычислений, так как легко найти постоянное число, которое при делении на диаметр сплошного круга, измеренный в миллиметрах на экране увеличителя, дает в частном сразу величину разрешающей силы в линиях на миллиметр негатива. Так, для случая, рассмотренного в предыдущем примере, т. е. когда измерение производится при десятикратном увеличении негатива, это число равно 115.

$$\begin{aligned} 115 : 4 &= 29 \text{ линий на мм} \\ 115 : 5 &= 23 \text{ » » »} \\ 115 : 7 &= 16 \text{ » » »} \end{aligned}$$

Измеренная подобным образом разрешающая сила будет отличаться от указанной в паспорте испытуемого объектива, так как она характеризует суммарную степень четкости изображения, зависящую от качества обоих объективов (в съемочном аппарате и в увеличителе), что не плохо, а хорошо, так как это как раз та степень четкости, которая будет получаться при практической съемке с последующим увеличением.

В заключение следует сказать, что хотя разрешающая сила объектива и является одной из наиболее обобщающих его характеристик, тем не менее по одной лишь разрешающей силе нельзя вынести окончательного суждения о качестве изображений, которое способен дать объектив. Качество изображения во многом зависит от характера объекта и от того, как сочетается характер объекта со степенью тех или иных aberrаций, присущих объективу, которым этот объект снимается.

Так, например, при съемке объективом, у которого плохо исправлена хроматическая aberrация, объекты с яркой разноцветной окраской будут выходить менее резкими, чем объекты одноцветные, хотя разрешающая сила объектива — величина для этого объектива постоянная.

Таким образом, вопреки обычным представлениям, разрешающая сила не является исчерпывающим критерием для суждения о резкости изображения, даваемого объективом; поэтому переоценивать данные о разрешающей силе не следует.

ФОКУСНОЕ РАССТОЯНИЕ ОБЪЕКТИВА И МАСШТАБ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Фокусное расстояние является основной характеристикой объектива.

От фокусного расстояния объектива зависит масштаб изображения, т. е. степень уменьшения снимаемых предметов при изображении сравнительно с их натуральными размерами.

Сравнивая снимки, сделанные с одной и той же точки, но объективами с различными фокусными расстояниями,

мы видим, что изображение тем крупнее, чем больше фокусное расстояние объектива, примененного при съемке (рис. 111).

Если снять предмет, достаточно удаленный (как, например, в приведенных здесь снимках), то, сравнив размеры какой-нибудь детали на всех снимках, легко убедиться, что размеры эти находятся между собой в таком же соотношении, как и фокусные расстояния соответствующих объективов. Причины этого понятны из рис. 110.

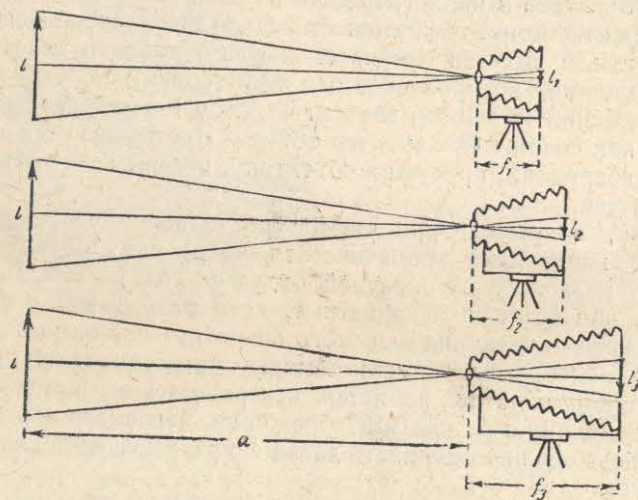
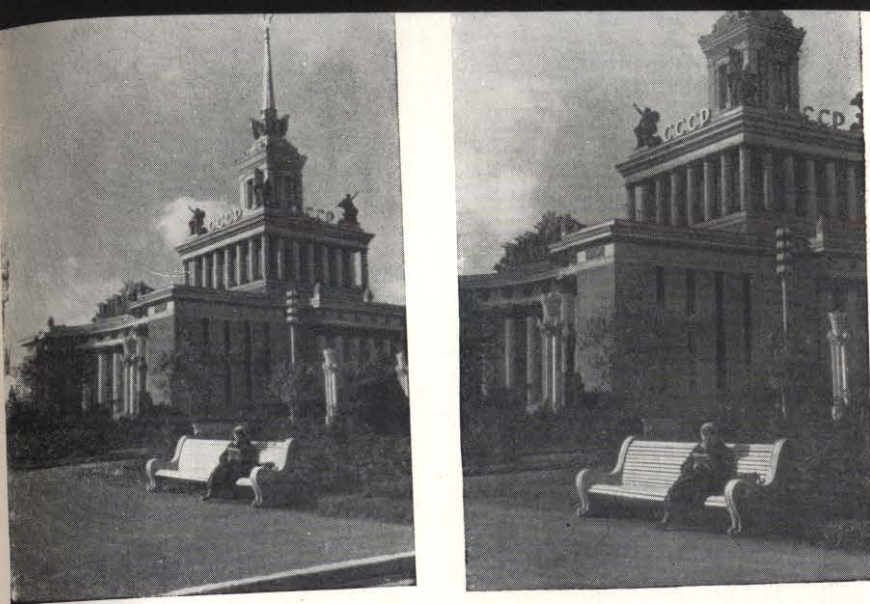


Рис. 110. Зависимость размера изображения от фокусного расстояния объектива

Поскольку точка съемки (т. е. положение объектива) и предмет находятся на постоянных местах, то треугольники левой части (в пространстве предметов) на всех трех чертежах равны между собой. Каждый из треугольников правой части (в пространстве изображений) подобен треугольнику левой части. Следовательно, все три треугольника правой части подобны друг другу. Значит, $l_1 : l_2 : l_3 = f_1 : f_2 : f_3$.

В первой главе было сказано, что размер изображения зависит также от удаленности снимаемого предмета: чем предмет дальше от объектива, тем меньше размер его изображения.



А

Б



В

Рис. 111. Снимки, сделанные с одной точки объективами разных фокусных расстояний:

А — объективом с $f=35$ мм, Б — объективом с $f=50$ мм, В — объективом с $f=135$ мм



А



Б



В

Рис. 112. Снимки, сделанные объективами разных фокусных расстояний. Точка съемки изменялась так, чтобы масштаб передней фигуры (человека) был одинаков во всех трех снимках:

А — объективом с $f=35$ мм, Б — объективом с $f=50$ мм, В — объективом с $f=135$ мм

Для простейших практических расчетов полезно выразить общую зависимость между размером изображения, размером предмета, фокусным расстоянием объектива и расстоянием от предмета до объектива. Эта зависимость непосредственно следует из подобия треугольников (см. рис. 110) и выражается пропорцией

$$\frac{l_1}{l} = \frac{f}{a},$$

где l_1 — размер изображения предмета,
 l — натуральный размер предмета,
 f — фокусное расстояние объектива,
 a — расстояние от предмета до объектива.

Эту зависимость удобно выразить словами так: *изображение во столько раз меньше предмета, сколько фокусных расстояний укладывается между объективом и предметом.*

Отношение размера изображения к натуральному размеру предмета, т. е. величина $\frac{l_1}{l}$, называется **масштабом изображения***.

Выражать масштаб изображения принято дробью с числителем 1.

Если, например, изображение человека ростом 170 см равно 17 мм, то масштаб изображения равен

$$\frac{17 \text{ мм}}{1700 \text{ мм}} = \frac{1}{100}, \text{ или } 1:100.$$

Число, обратное масштабу (в нашем примере 100), называют «**знаменатель масштаба**». Мы будем его называть просто «**уменьшение**» и обозначать буквой m . Практические расчеты очень просты.

Например: 1. Нужно снять всадника на лошади (его высота 2,4 м) так, чтобы изображение на пленке было по высоте 16 мм. Прежде всего определим «уменьшение».

$$m = \frac{2400}{16} = 150.$$

Следовательно, снимать нужно с дистанции в 150 фокусных расстояний.

Значит, если будем применять объектив $f=50$ мм, то нужно снимать с расстояния $50 \text{ мм} \times 150 = 7,5 \text{ м}$.

2. Предположим, что расстояние до объекта задано, т. е. снимать можно лишь с определенной точки, например с расстояния 20 м от дорожки, по которой проедет всадник; размер изображения желательно иметь по высоте 16 мм. Требуется подобрать объектив соответствующего фокусного расстояния.

* В оптике эта величина называется «**линейное увеличение**», или «**поперечное увеличение**».

Исходим опять-таки из величины «уменьшения» $m=150$. В 20 м фокусное расстояние должно уложиться 150 раз. Следовательно:

$$f = \frac{20\,000}{150} \approx 134 \text{ мм.}$$

Если в наборе есть объектив $f=135$ мм, то его и нужно применить.

Приведенный расчет не является расчетом точным, так как он выведен, исходя из предположения, что изображение расположено в фокальной плоскости. Точность расчета вполне достаточна, если предмет находится не ближе чем на 20—30 фокусных расстояний от объектива.

При съемке более близких предметов плоскость изображения не совпадает с фокальной плоскостью, она лежит дальше от объектива.

Однако если вести отсчет расстояний не от объектива, а от точки переднего фокуса, то результат расчета будет во всех случаях абсолютно точным.

Например, желая получить изображение предмета в масштабе 1 : 4, его нужно снимать с расстояния $5f$ от объектива (от точки переднего фокуса до предмета в этом случае как раз и уложатся четыре фокусных расстояния). Желая изобразить предмет в масштабе 1 : 1, т. е. в натуральную величину, его нужно снимать с расстояния $2f$ от объектива и т. д.

Словами эту зависимость можно выразить так: *уменьшение предмета на изображении равно числу фокусных расстояний, укладываемых между предметом и объективом, без единицы.*

Изменение фокусного расстояния объектива насадочными линзами. Для изменения фокусного расстояния объектива пользуются насадочными линзами.

При применении положительной (собирающей) линзы фокусное расстояние уменьшается, а при применении отрицательной (рассеивающей) — увеличивается.

Расчет удобнее всего производить, исходя из оптических сил линзы и объектива.

Оптическая сила системы (объектив+линза) равна сумме оптических сил компонентов.

Оптическая сила положительной линзы при расчете берется со знаком плюс, а оптическая сила отрицательной линзы — со знаком минус.

Например: 1. На объектив, фокусное расстояние которого равно 105 мм, надета отрицательная насадочная линза, имеющая оптическую силу $D=-1,5$ диоптрий. Каково фокусное расстояние системы?

Оптическая сила объектива равна $\frac{1000}{105} \approx 9,5$ диоптрий.

Оптическая сила системы равна $9,5 - 1,5 = 8$ диоптрий.

Фокусное расстояние системы равно $\frac{1000}{8} = 125$ мм.

2. Какую насадочную линзу следует применить при объективе, фокусное расстояние которого равно 110 мм, чтобы фокусное расстояние системы оказалось равным 80 мм?

Оптическая сила объектива равна $\frac{1000}{110} \approx 9$ диоптрий.

Оптическая сила системы должна быть равна $\frac{1000}{80} = 12,5$ диоптрий.

Оптическая сила линзы должна быть равна $12,5 - 9 = +3,5$ диоптрий.

Подобные расчеты будут верны лишь в случае, если линза помещена вплотную к объективу.

При наличии промежутка между объективом и линзой расчет проводится по следующей формуле:

$$f_c = \frac{f_o \cdot f_l}{f_o + f_l - d},$$

где f_c — фокусное расстояние системы,

f_o — объектива,
 f_l — насадочной линзы,
 d — промежуток между объективом и линзой*.

Для укрупнения изображения есть два прямых пути:

1) увеличение фокусного расстояния объектива отрицательной линзой, 2) приближение к снимаемому предмету. В том и другом случае одновременно с укрупнением размера изображения плоскость изображения отдаляется от объектива.

В некоторых фотоаппаратах расстояние между объективом и плоскостью изображения не может быть значительно увеличено, и это обстоятельство лишает возможности получать изображения достаточно крупного масштаба.

Так, например, фотографируя аппаратом «Любитель», можно получить наибольшую величину изображения в $1/16$ натуральной величины предмета, снимая с расстояния

* Строго говоря, величина d есть промежуток между задней главной плоскостью линзы и передней главной плоскостью объектива и этот промежуток имеется, даже если линза поставлена вплотную к объективу. При практических расчетах этим можно пренебречь, кроме случаев, когда главные плоскости объектива значительно вынесены вперед или назад (см. рис. 91 и 92).

1,3 м, так как при фокусном расстоянии объектива 75 мм максимальное растяжение камеры всего лишь 80 мм (от задней главной плоскости объектива до плоскости фотопленки). Снимать ближе чем с 1,3 м или присоединять к объективу отрицательную линзу нельзя, так как и то и другое потребовало бы большего растяжения, чем 80 мм.

В подобных случаях для укрупнения изображения прибегают к третьему пути, на первый взгляд несколько парадоксальному — не увеличивают фокусное расстояние объектива, а, наоборот, уменьшают его присоединением к объективу положительной линзы. Изображение при этом, конечно, становится еще мельче (если снимать с той же точки), но зато появляется возможность весьма значительно приблизить фотоаппарат к снимаемому предмету (так как теперь растяжение камеры намного превышает фокусное расстояние). Это последнее обстоятельство перекрывает первое.

Приведем пример расчета для такого случая.

К объективу фотоаппарата «Любитель» ($f=75$ мм) присоединили положительную линзу $D=+2,5$ диоптрий. С какого ближайшего расстояния при этом можно снимать предмет и каков будет масштаб изображения?

Оптическая сила объектива равна $\frac{1000}{75} \approx 13,3$ диоптрий.

Оптическая сила системы равна $13,3+2,5=15,8$ диоптрий.

Фокусное расстояние системы равно $\frac{1000}{15,8} \approx 63$ мм.

Зная фокусное расстояние системы $f=63$ мм и зная максимальное расстояние от задней главной плоскости до плоскости изображения ($b=80$ мм), по основной формуле линзы найдем расстояние от передней главной плоскости объектива до снимаемого предмета:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{80} = \frac{1}{63}; \quad \frac{1}{a} = \frac{1}{63} - \frac{1}{80} \approx \frac{1}{300}; \quad a \approx 300 \text{ мм} = 30 \text{ см.}$$

Поскольку уменьшение предмета равно числу фокусных расстояний, укладываемых между предметом и объективом без единицы, то

$$m = \frac{300}{63} - 1 \approx 5 - 1 = 4,$$

т. е. изображение будет составлять $\frac{1}{4}$ натуральной величины предмета.

Проведя расчет в обратном порядке, можно определить необходимую оптическую силу линзы для получения желаемого масштаба изображения.

Точность расчета вполне достаточна для подбора линзы. При съемке же в ряде случаев требуется незначительная поправка в фокусировке или же изменение расстояния от предмета до фотоаппарата.

Поэтому насадочными линзами удобнее пользоваться, если аппарат имеет наводку по матовому стеклу.

При изготовлении насадочных линз из очковых стекол лучше пользоваться менисками, т. е. выпукло-вогнутыми стеклами.

Следует знать, что применение насадочных линз ухудшает качество изображения, так как при этом нарушается исправление аберраций, достигнутое в объективе; кроме того, при применении положительных линз увеличивается угол изображения объектива и вследствие этого очень значительно снижается резкость краевых частей снимка. Поэтому при съемке с насадочными линзами рекомендуется диафрагмировать объектив максимально, насколько позволяют условия освещения.

Применение промежуточных колец. Иногда возникает потребность получить крупное изображение, не прибегая к удлинению фокусного расстояния насадочными линзами, так как, во-первых, при удлинении фокусного расстояния объектива уменьшается глубина резко изображаемого пространства (о чем будет сказано ниже), а во-вторых, как уже было сказано, применение насадочных линз ухудшает качество изображения и требует сильного диафрагмирования, что не всегда возможно по условиям освещения.

Единственный остающийся путь — съемка с очень близкого расстояния — также не всегда возможен, так как большинство любительских фотокамер не имеет достаточного растяжения или выдвижения объектива.

Так, например, оправы объективов в фотоаппаратах «ФЭД» и «Зоркий» рассчитаны на съемку с дистанций не ближе 1 м, фотоаппарат «Любитель» — с 1,3 м, а растяжение камеры «Москва» позволяет вести съемку только с расстояний от 1,5 м.

В этих случаях выход может быть найден в применении промежуточных колец, ввинчиваемых между объективом и камерой и удлиняющих таким образом расстояние между задней главной плоскостью объектива и плоскостью пленки.

Расчет нужной высоты кольца, т. е. величины удлинения, весьма несложен.

Прежде всего определяется потребное «уменьшение» $m = \frac{1}{I_1}$, т. е. отношение натуральной величины снимаемого объекта к желаемой величине изображения.

Затем по формуле $a = f(m+1)$ находится a , т. е. расстояние, с которого следует снимать.

Затем по основной формуле линзы находят $b = \frac{af}{a-f}$, т. е. нужное расстояние между задней главной плоскостью объектива и плоскостью пленки.

Если объектив установлен по шкале на отметку ∞ , то расстояние между задней главной плоскостью его и плоскостью пленки (без кольца) равно f . Следовательно, высота удлиняющего кольца при установке объектива на ∞ должна быть равна $h = b - f$.

Одни конструкторы предлагают заранее заготовить набор колец различной высоты для различных случаев съемки, другие советуют разработать конструкцию сборного кольца с изменяющейся высотой. Конкретные решения будут даны в последующих выпусках «Библиотеки фотолюбителя»*.

УГОЛ И ПОЛЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Угол, в пределах которого пространство изображается объективом, называется углом зрения объектива.

Часть фокальной плоскости (в форме круга), где располагается изображение всего «видимого» объективом пространства, называется полем зрения объектива**.

* Выпуск 5 — «Специальные виды фотосъемки» и выпуск 6 — «Репродукционная фотосъемка».

** Терминология, относящаяся к данному вопросу, до сих пор не стандартизована. Одни и те же понятия разные авторы обозначают разными названиями. Для удобства фотолюбителей мы здесь пользуемся терминологией авторов «Краткого фотографического справочника» изд. 1953 г.

Наблюдать полностью поле зрения объектива возможно, если поместить объектив в камеру с матовым стеклом достаточно большого размера (рис. 113).

Угол зрения объектива понимается как телесный (конический) угол, образованный линиями, соединяющими переднюю главную точку объектива с краями изображаемого предметного пространства. Измерить угол зрения можно в пространстве изображений, так как он равен углу, образованному линиями, соединяющими заднюю

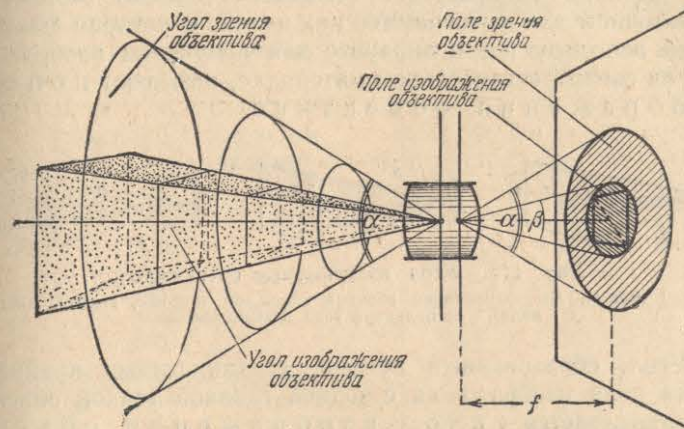


Рис. 113. Угол и поле зрения объектива. Угол и поле изображения объектива

главную точку с границами поля зрения объектива. Выражают угол зрения величиной плоского угла, вращение которого образует данный конический угол, т. е. величиной α .

Величина угла зрения объектива зависит от конструкции объектива. Так, например, простая положительная линза с тонкими краями без оправы имеет угол зрения, близкий к 180° , так как лучи, идущие от крайних точек пространства, получают свободный доступ через линзу к плоскости изображения. Если же линзу вмонтировать в оправу, то крайние лучи будут срезаться оправой и угол зрения уменьшится; чем длиннее оправка, тем сильнее ограничит она угол зрения и поле зрения.

Изображение, даваемое объективом, не обладает одинаковыми качествами по всему полю; наибольшая рез-

кость и освещенность изображения наблюдаются в центре поля; по мере удаления от центра резкость и освещенность изображения заметно снижаются, а у границ поля изображение весьма расплывчатое и тусклое.

Так, например, на изображении, полученном при помощи простой линзы, границы поля невозможно даже установить вследствие значительной потери резкости и освещенности к краям поля.

Центральную часть поля зрения объектива, в пределах которой изображение обладает степенью резкости, достаточной для фотографических целей, и которая фактически используется в аппарате для получения изображения на светочувствительном материале, называют **полем изображения объектива**.



Рис. 114. Угол изображения объектива:
 $OO_1 = f$ (или a), AO_1 — половине размера кадра (по ширине, высоте, диагонали), θ — половина угла изображения

Угол, образованный лучами, соединяющими крайние точки поля изображения с задней главной точкой объектива, называется **углом изображения объекта** (угол β на рис. 113).

Размер поля изображения определяет собой максимальный размер кадра. Диагональ кадра не может быть больше диаметра поля изображения.

Если угол изображения объектива с учетом формата кадра (т. е. угол не конический, а четырехгранный) отложить симметрично в пространстве предметов, поместив вершину его в переднюю главную точку объектива, то заключенная в пределах этого угла часть пространства и будет изображена на снимке.

Углы изображения объективов. Угол изображения может быть вычислен, исходя из расстояния между задней главной плоскостью объектива и плоскостью изображения и из соответствующего размера кадра (по ширине, высоте или диагонали) (рис. 114).

Так, например, надо определить максимальный (по диагонали) угол изображения объектива $f=50$ мм в аппарате «Зоркий».

Размер кадра в камере 24×36 мм.
 Диагональ кадра равна 43,3 мм.
 Половина диагонали равна 21,6 мм.

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{21,6}{50} = 0,43;$$

$$\theta = 23,5^\circ.$$

Угол изображения (2θ) равен 47° .

Таблица 2

Величины углов изображения объективов наиболее распространенных фокусных расстояний

Фокусное расстояние объектива в мм	Угол изображения в градусах		
	по диагонали	по горизонтали	по вертикали
Размер кадра 24×36 мм (диагональ — 43,3 мм)			
35	64	55	38
50	47	40	27
58	41	35	23
85	29	24	16
135	18	15	10
300	8	7	4,5
500	5	4	3
1000	2,5	2	1,5
Размер кадра 6×9 см (диагональ — 10,8 см)			
105	55	47	32
120	48	41	28
135	44	37	25
Размер кадра 9×12 см (диагональ — 14 см)			
135	59	48	37
150	53	44	33
Размер кадра 13×18 см (диагональ — 22,2 см)			
210	56	47	35

Приведенные углы вычислены для случая наводки на бесконечность. При наводке на резкость по близким предметам угол изображения объектива уменьшается, так как изображение располагается не в фокальной плоскости, а дальше от объектива, и расстояние OO_1 (рис. 114) больше фокусного расстояния.

Видоискатели. Для выбора точки съемки и построения кадра фотоаппараты снабжены видоискателями.

Необходимо, чтобы угол охвата пространства видоискателем точно совпадал как по величине, так и по направлению с углом изображения объектива.

Совпадение углов объектива и видоискателя рекомендуется каждому любителю проверить самостоятельно. В фотоаппаратах, имеющих наводку по матовому стеклу, проверка может быть произведена визуально — путем сравнения пространства, видимого глазом через видоискатель, и пространства, изображенного на матовом стекле при прочно установленной на штативе камере. В аппаратах, не имеющих наводки по матовому стеклу, проверка производится путем контрольной съемки.

Строго говоря, полного совпадения границ кадра, видимого через видоискатель, с границами кадра, полученного на светочувствительном слое пленки или пластинки, быть не может, так как оптические оси видоискателя и объектива не совпадают. Это несовпадение границ называется *параллаксом*.

При съемке удаленных объектов параллакс незначителен и может не учитываться. При съемке же с близких расстояний, как, например, при съемке крупных планов, параллакс весьма ощутим и перед съемкой необходимо внести поправку. Поправка заключается в том, что объект располагают не в том месте видимого в видоискателе кадра, где желательно получить его изображение, а несколько ближе к той границе кадра, которая обращена к объективу аппарата (рис. 115). Поправка должна быть тем больше, чем ближе снимаемый объект.

При контрольной съемке величина поправки на параллакс для данного аппарата определяется практическим путем для различных расстояний.

Надобность в поправке отпадает при работе однообъективными зеркальными камерами, так как визирование кадра в них происходит при посредстве того же самого объектива, который дает изображение на светочувствительном слое.

Для предварительной ориентировки на месте и выбора точек съемки полезно иметь портативный визирный прибор, которым можно пользоваться отдельно от аппарата. Таким прибором является, например, универсальный видоискатель «ВУ» для аппаратов «Зоркий» и «Киев». Можно сделать и более простое, хотя менее портативное, визирное устройство рамочного типа со шкалой для объективов различных фокусных расстояний (рис. 116).

Производить расчеты углов в градусах не нужно. При разбивке шкалы в фокусных расстояниях достаточно лишь соблюдать соответствующую пропорциональность размеров



Чтобы получилось так



*Надо располагать
в видоискателе так*

Рис. 115. Устранение параллакса

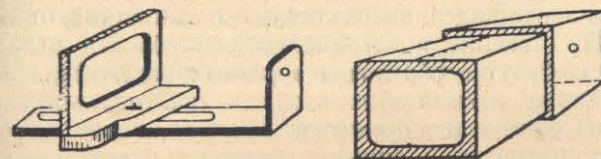


Рис. 116. Простейшие визирные устройства

рамки и расстояния между визирным отверстием (диоптром) и плоскостью рамки, т. е. при разбивке шкалы прибора в соответствующих фокусных расстояниях соблюдать следующее соотношение:

$$l = \frac{h_p}{h_k} \cdot f,$$

где l — расстояние между диоптром и плоскостью рамки, h_p и h_k — размеры соответственных сторон рамки и кадра.

Шкалу видоискателя для малоформатных камер не следует доводить далее чем до фокусных расстояний 85 мм или 135 мм, так как это очень увеличило бы габариты прибора. Кроме того, поле зрения при больших фокусных расстояниях весьма мало и это затруднило бы пользование прибором. Длиннофокусные фотообъективы обычно предназначены только для использования в тех малоформатных камерах, где визирование производится непосредственно через этот объектив при помощи зеркально-призменной системы. Поэтому отечественные телеобъективы «ТАИР-3» с фокусным расстоянием 300 мм и «МТО» с фокусными расстояниями 500 и 1000 мм имеют резьбы на оправках для соединения с фотоаппаратом «Зенит».

ПЕРСПЕКТИВА

В главе «Фокусное расстояние объектива и масштаб изображения» говорилось об одном предмете в снимке. Предмет условно рассматривался как плоский. Масштаб определялся по размеру изображения этого предмета.

На практике значительно чаще приходится снимать объекты пространственные, состоящие из многих предметов, находящихся на различных расстояниях от объектива. При съемке пространственного объекта отдельные предметы будут изображены в разных масштабах.

Различие в масштабах изображений отдельных предметов на снимке и является основной причиной того, что при рассматривании снимка создается впечатление глубины, трехмерности изображаемого пространства.

Изображение, в котором масштабы изображенных предметов уменьшаются пропорционально удаленности предметов от точки зрения, называется перспективным.

Если, например, в живописи возможно изобразить отдельные элементы картины в произвольно выбранных масштабах и тем самым сознательно или случайно нарушить перспективу, то в фотоизображении перспектива

не может быть нарушена, так как масштабы отдельных предметов предопределены их расстоянием от объектива.

Изображение на сетчатке человеческого глаза образуется точно так же, как и в фотоаппарате. Поэтому перспективное изображение воспринимается человеком как самое естественное. Само слово «перспектива» происходит от латинского слова «perspicere», что значит «правильно видеть».

Хотя фотоизображение всегда перспективно, иллюзия большей или меньшей глубины пространства в снимке зависит от ряда причин. Иногда под словом «перспектива» понимают общее впечатление глубины пространства в снимке. В этом случае то понимание перспективы, о котором сказано вначале, т. е. зависящее от геометрических причин, обозначают термином **линейная перспектива** в отличие от других причин, влияющих на создание общего впечатления глубины. К этим другим причинам относится, например, изменение тональности или цвета предметов по мере их удаления — **тональная перспектива**.

В этой книжке могут быть рассмотрены лишь вопросы линейной перспективы, так как они имеют прямое отношение к фотооптике.

Зависимость перспективы изображения от точки съемки. Поскольку линейная перспектива (для краткости мы будем называть ее просто перспектива) создается за счет различия масштабов изображения отдельных предметов, то она будет тем ощутимее, чем это различие больше. В наиболее крупном масштабе изображаются на снимке предметы переднего плана, наиболее мелко — предметы самого заднего плана. Значит, если на снимке наряду с весьма отдаленными предметами изображены и предметы очень близкие, то перспектива выражена сильно. Если же снимок не имеет переднего плана или, наоборот, задний план снимка не очень удален, то перспектива выражена слабо. Следовательно, при определенной точке съемки перспектива снимка зависит от протяженности самого объекта в глубину.

Однако если снять один и тот же объект с двух точек, из которых одна ближе к объекту, а другая дальше от него, то перспектива на снимках будет неодинакова.

Пусть нужно снять две фигуры, отстоящие друг от друга на 10 м, считая в глубину. Точка съемки выбрана

на расстоянии 10 м от ближайшей фигуры. Объектив $f=50$ мм (рис. 117, А).

Уменьшение ближней фигуры $m_1 = \frac{10\,000}{50} =$ в 200 раз.

Уменьшение дальней фигуры $m_2 = \frac{20\,000}{50} =$ в 400 раз.

Ближняя фигура на снимке будет в два раза крупнее дальней.

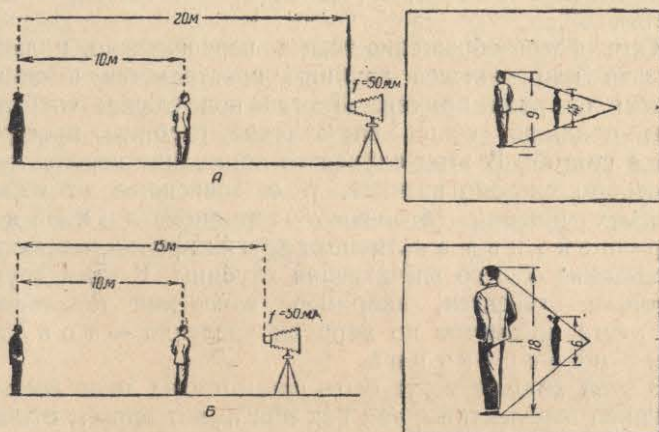


Рис. 117. Изменение перспективы изображения при перемене точки съемки (рост человека принят равным 180 см)

Переместим точку съемки на 5 м вперед, к объекту (рис. 117, Б).

Уменьшение ближней фигуры $m_1 = \frac{5000}{50} =$ в 100 раз.

Уменьшение дальней фигуры $m_2 = \frac{1500}{50} =$ в 300 раз.

Ближняя фигура на снимке будет в три раза крупнее дальней.

Во втором из рассмотренных случаев перспектива будет выражена сильнее, чем в первом, хотя расстояние между передним и задним планами (протяженность объекта) не изменилось.

При съемке с очень дальней точки расстояние между планами (протяженность объекта) по сравнению с расстоянием до объектива будет так незначительно, что оба плана, как передний, так и задний, изобразятся почти в одинаковом масштабе и перспектива почти не будет ощущаться.

Следовательно, при определенной протяженности объекта в глубину перспектива снимка будет тем сильнее, чем ближе к снимаемому объекту выбрана точка съемки.

На первый взгляд может показаться, что перспектива снимка зависит также и от фокусного расстояния объектива, однако это не так. Чтобы убедиться в этом, вернемся к нашему примеру (см. рис. 117, А). Если, не изменяя точки съемки (т. е. снимая с расстояния 10 м от первой фигуры), применить объектив $f=100$ мм, то обе фигуры получатся на изображении вдвое крупнее, т. е. изобразятся в масштабах 1 : 100 и 1 : 200, но соотношение их размеров не изменится и опять-таки ближняя фигура будет на снимке в два раза крупнее дальней (рис. 118).

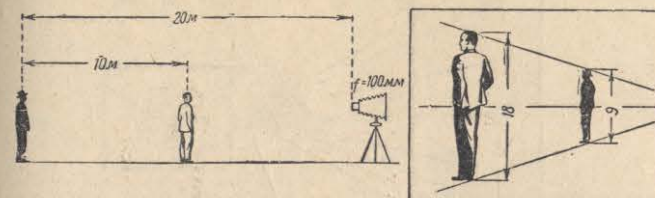


Рис. 118. Независимость линейной перспективы изображения от фокусного расстояния объектива

Какого бы фокусного расстояния объектив мы ни применили, нам не удастся с этой точки съемки получить изображение, на котором бы ближняя фигура получилась крупнее дальней в три раза или в иное число раз. С данной точки съемки она всегда получится на изображении крупнее дальней фигуры именно в два раза, так как она в два раза ближе к аппарату.

Заметим также, что если точка съемки не изменяется, то и взаиморасположение отдельных деталей на снимке остается постоянным (рис. 119).

Пусть точки А и В, находящиеся в разных плоскостях, лежат на одном луче, проведенном из передней главной точки объектива. На снимке точка А закроет точку В. Совершенно очевидно, что это произойдет, несмотря на перемену объектива, если только при перемене будет сохранено положение передней главной точки. Представим, что точки, лежащие в плоскости А, — есть точки контура предмета, а точки, лежащие в плоскости В, — точки фона.

Значит, во всех снимках, сделанных с этой позиции, каждый предмет будет неизменно проектироваться на одни и те же части фона.

Если снимок, показанный на рис. 117, А, увеличить вдвое и из увеличенного вырезать часть, соответствующую снимку, показанному на рис. 118, то оба изображения будут совершенно одинаковы.

Таким образом, фактором, определяющим линейную перспективу изображения, является точка съемки. Все снимки одного и того же объекта, снятые объективами

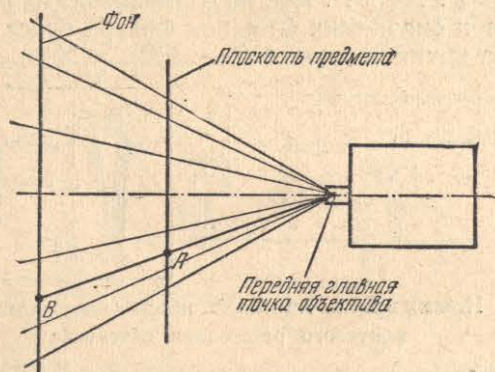


Рис. 119. Независимость взаиморасположения деталей на снимке от фокусного расстояния объектива

различных фокусных расстояний, но с одной точки, отличающейся масштабом, будут иметь одинаковую перспективу.

Перспектива и фокусное расстояние объектива. Кажущаяся зависимость перспективы от фокусного расстояния происходит оттого, что использование объективов различных фокусных расстояний обычно связано с переменной также и точки съемки.

На рис. 112 приведены три снимка одного и того же объекта, снятые объективами с фокусными расстояниями 35, 50 и 135 мм. Точка съемки изменялась с таким расчетом, чтобы фигура человека на переднем плане на всех негативах была изображена в масштабе 1 : 100, т. е. аппарат в каждом случае ставился на дистанции в 100 фокусных расстояний применяемого объектива от человека.

Перспектива снимков различна, но изменение ее вызвано отнюдь не тем, что съемка произведена различными



Рис. 120. В. А. Серов. «Зимний взят»



Рис. 121. Изменение перспективного впечатления от снимка в зависимости от позиции зрителя

объективами, а тем, что для сохранения одного и того же масштаба изображения передней фигуры мы вынуждены были изменять точку съемки.

Глубина изображаемого пространства наиболее ощутима в снимках, снятых короткофокусными объективами, потому что короткофокусные объективы являются более широкоугольными, чем объективы длиннофокусные (при съемке на один и тот же размер), т. е. они охватывают большее пространство в ширину и высоту, причем в поле изображения (в кадр) попадают новые детали. Объект с этими деталями, если они ближе к аппарату, чем детали, входившие в кадр при съемке длиннофокусным

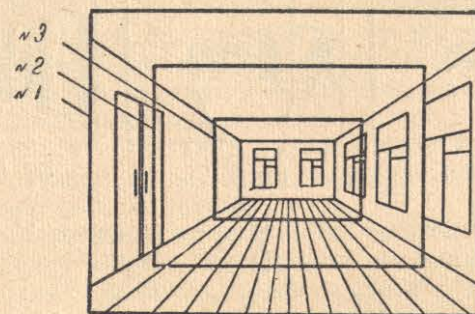


Рис. 122. Границы поля изображения при съемке объективами различных фокусных расстояний на один и тот же размер кадра

объективом, имеет сам по себе большую глубину, чем раньше. Таким образом, применяя вместо длиннофокусного объектива короткофокусный, мы уже снимаем, по существу, другой объект, более протяженный.

На рис. 122 показаны границы поля изображения при съемке объективами различных фокусных расстояний.

При съемке длиннофокусным объективом в поле изображения попадает часть бокового окна (кадр № 3), при съемке объективом среднего фокусного расстояния (кадр № 2)— два окна, а при съемке короткофокусным объективом (кадр № 1)— все три окна. В последнем случае перспектива более ощутима, так как больше протяженность самого объекта. Угол же схода параллельных линий (половицы, линии потолка и пр.) остается одинаковым во всех трех случаях.

Перспектива и характер объекта. Наиболее ощутима перспектива в снимках объектов, имеющих параллельные линии, идущие в глубину (например, уходящие вдаль рельсы, перспективы улиц, коридоры, длинные здания, снятые с угла, и пр.), так как в этих случаях вследствие уменьшения масштабов изображений по мере удаления предметов от аппарата изображений по мере удаления предметов от аппарата параллельные линии объекта кажутся сходящимися.

На рис. 123 показано, как сильно отражается на изображении здания (снятого с угла) приближение точки съемки к объекту.

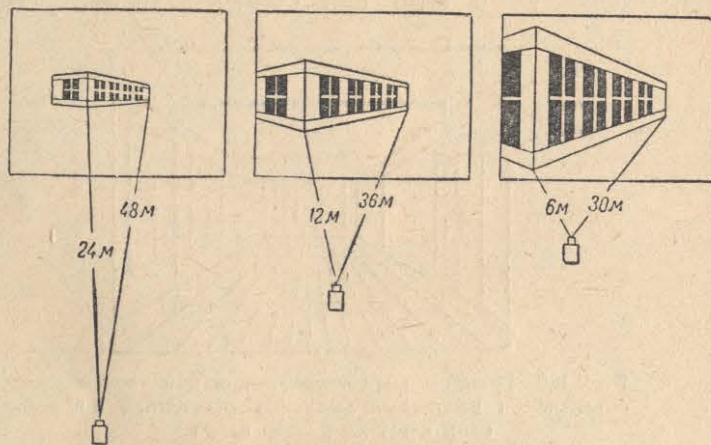


Рис. 123. Усиление линейной перспективы при приближении точки съемки к объекту

Если на первом снимке, снятом с расстояния 24 м от ближнего угла здания, высота стены на изображении от переднего плана к заднему уменьшается всего в два раза и перспектива выражена не сильно, то на третьем снимке, снятом с расстояния 6 м, высота стены на том же отрезке уменьшается в пять раз и это особенно подчеркивается крутым сходом (под большим углом) параллельных линий верха и низа стены.

Перспективные «искажения». При весьма значительном приближении точки съемки к переднему плану снимаемого объекта легко получить изображение со столь сильно выраженной перспективой, что оно будет казаться искаженным.

В действительности «искажения», конечно, нет, так как изображение, даваемое объективом, идентично тому, которое получилось бы на сетчатке глаза, помещенного в ту же точку, где был при съемке объектив аппарата, но вследствие несоразмерно крупного переднего плана по сравнению с задним и очень резкого (крутого) схода на изображении параллельных линий объекта создается ощущение, не соответствующее тому, какое мы обычно получаем, наблюдая объект простым глазом.

Дело в том, что человеческий глаз при довольно большом угле зрения обладает весьма малым углом четкого изображения.

При рассматривании объекта в натуре зрачок глаза непроизвольно и очень быстро меняет свое положение так, что конец оптической оси глаза как бы обегает объект, скользит по нему. Таким образом, хотя картина объекта и рисуется на довольно большом поле сетчатки глаза, оценивается она не в целом, а по частям. Общее впечатление от объекта в воспринимающем органе мозга складывается суммарно из ряда единичных ощущений.

При рассматривании же фотоснимка расстояние от глаза до изображения обычно оказывается таковым, что угол зрения на снимок не велик, и можно считать, что зритель не только видит, но и оценивает все части снимка почти одновременно, т. е. все части оказываются легко сравнимыми. Следовательно, если между отдельными частями снимка есть диспропорция в размерах, то она немедленно ощущается зрителем и производит впечатление искаженного изображения.

Особенно остерегаться перспективных «искажений» следует при съемке очень крупных портретных планов, так как при чрезмерном приближении точки съемки к человеческому лицу несоразмерность масштабов изображения отдельных его частей может привести к карикатурности.

Перспективных «искажений» следует опасаться также при съемке высоких архитектурных сооружений. Снимая с нижней точки высокое здание и направляя при этом оптическую ось объектива под некоторым углом к горизонтالي, мы получаем значительную разницу в расстояниях от объектива до нижних и верхних частей здания (рис. 124).

Линии AB и CD , имеющие в натуре одинаковые размеры, на снимке будут неодинаковы: C_1D_1 будет больше, чем A_1B_1 , и здание на снимке будет казаться падающим назад.

Явление это знакомо всем занимающимся фотографией, но понимают его не всегда правильно. «Искажения» перспективы здесь опять-таки нет. Объектив построил изображение точно так же, как оно было бы построено на сетчатке глаза, если бы глаз поместить в точку O .

Если «искаженный» снимок рассматривать с такой же позиции, с какой производилась съемка, то он будет производить впечатление естественное.

Это обстоятельство обычно учитывают при размещении фотоснимков на выставках, помещая в верхней части стен-

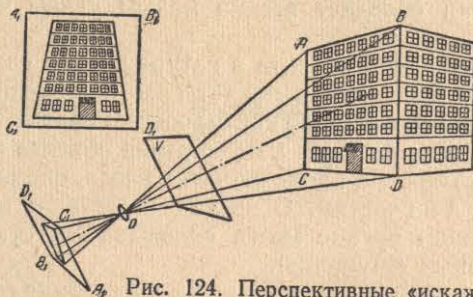


Рис. 124. Перспективные «искажения» при съемке высоких зданий

дов снимки, сделанные в нижнем ракурсе, т. е. снятые с низких точек по отношению к объекту съемки.

Если вы сейчас читаете сидя за столом и книга лежит горизонтально, то перспектива снимка (рис. 121) будет казаться вам искаженной. Поднимите нижний край книги так, чтобы взгляд скользил наклонно по плоскости рисунка снизу вверх — «искажение» заметно уменьшается. Поднимите теперь книгу в вертикальном положении выше головы и рассматривайте тот же снимок с нижней точки — «искажение» почти исчезает. Дело в том, что мышечное усилие при отклонении головы назад создает условия восприятия, наиболее близкие к тем, которые были бы при естественном наблюдении данного объекта. Можно еще более приблизить восприятие к естественному, если рассматривать при этом снимок не двумя глазами, а одним.

Следует отметить, что *ракурсные* снимки, т. е. снимки, специально снятые с верхних или нижних точек, при съемке которых оптическая ось объектива была значительно отклонена от горизонтального направления, воспринимаются естественно, если, конечно, ракурс оправдан со-

держанием снимка, т. е. избранная точка зрения логична. Снимки же, на которых «завал назад» произошел вследствие незначительного и случайного наклона оптической оси, воспринимаются как «искаженные».

При увеличении отпечатка подобные «искажения» можно исправить соответственным наклоном экрана увеличителя*.

Если при съемке высоких зданий верхняя часть здания «режется», а отойти дальше почему-либо нельзя, то следует выбрать более высокую точку съемки, приблизительно на высоте середины снимаемого здания.

На снимках, снятых широкоугольными объективами, часто заметны искажения изображений объемных деталей, расположенных в крайних частях кадра, — они несколько растянуты в сторону от центра, т. е. по радиусам кадра.

«Искажения» этого рода наиболее ощутимы в тех случаях, когда имеются одинаковые детали в центральной зоне кадра и в крайних его частях, вследствие чего имеется возможность сравнения величин.

«Искажения» эти тоже перспективного порядка, а отнюдь не являются следствием аберраций объектива, как иногда думают, и, следовательно, не зависят от конструкции объектива.

Чтобы это уяснить, разберем рис. 125, на котором в плане изображена съемка широкоугольным объективом колоннады перед зданием. Оптическая ось объектива направлена перпендикулярно фронту колоннады. Изображение центральной колонны A_1B_1 будет меньше по ширине, чем изображение крайней колонны C_1D_1 , хотя диаметры всех колонн одинаковы. На снимке центральная колонна перекроет часть стены здания — MN , а крайняя колонна перекроет часть PQ ; последняя значительно больше MN . Это обстоятельство усугубит ощутимость искажения. При естественном наблюдении этого объекта глазом, помещенным в ту же точку O , где находился объектив при съемке, мы не ощутим искажения отчасти потому, что поверхность сетчатки приближается к сфере (на рисунке обозначена пунктиром), но главным образом по причине уже упомянутой выше, а именно потому, что при достаточно большом угловом расстоянии между центральной и крайней колоннами (на рисунке обозначено θ) мы рассматриваем центральную и крайние колонны не

* Подробнее об этом сказано в выпуске 3 «Библиотеки фотолюбителя» — «Лабораторная обработка фотоматериалов».

одновременно, а последовательно, что затрудняет возможность точных сравнений.

Зависимость перспективного впечатления от расстояния, с которого рассматривается снимок. Перспектива в снимке, понимаемая как впечатление глубины пространства, в значительной степени зависит также от того, с какого расстояния этот снимок рассматривают.

На рис. 120 приведена репродукция картины художника В. А. Серова «Зимний взят». Если при рассматривании рисунка отодвигать его постепенно от глаза или приближать к глазу, то легко заметить, что расстояние между задним

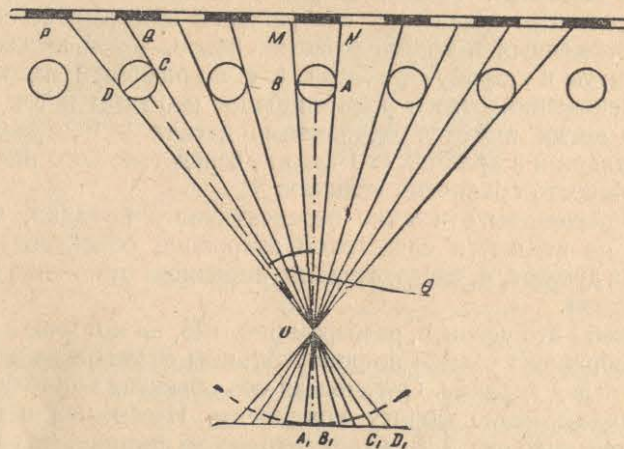


Рис. 125. Перспективные «искажения» в краевых частях поля изображения

планом (скульптура и сидящий часовой) и фигурами переднего плана, т. е. общая длина дворцовой лестницы, как бы изменяется. Если попытаться оценить длину этой лестницы в метрах, то это сделать не удастся, не приведя глаз и рисунок к статике.

Причина этого явления будет понятна из рис. 126.

В верхней части рисунка показана съемка двух человек одинакового роста AB и CD , находящихся на различных расстояниях от объектива аппарата. На пластинке ближний человек изобразится величиной A_1B_1 , а дальний — величиной C_1D_1 .

Во второй части рисунка показан глаз зрителя, рассматривающего полученный снимок с расстояния, равного рассто-

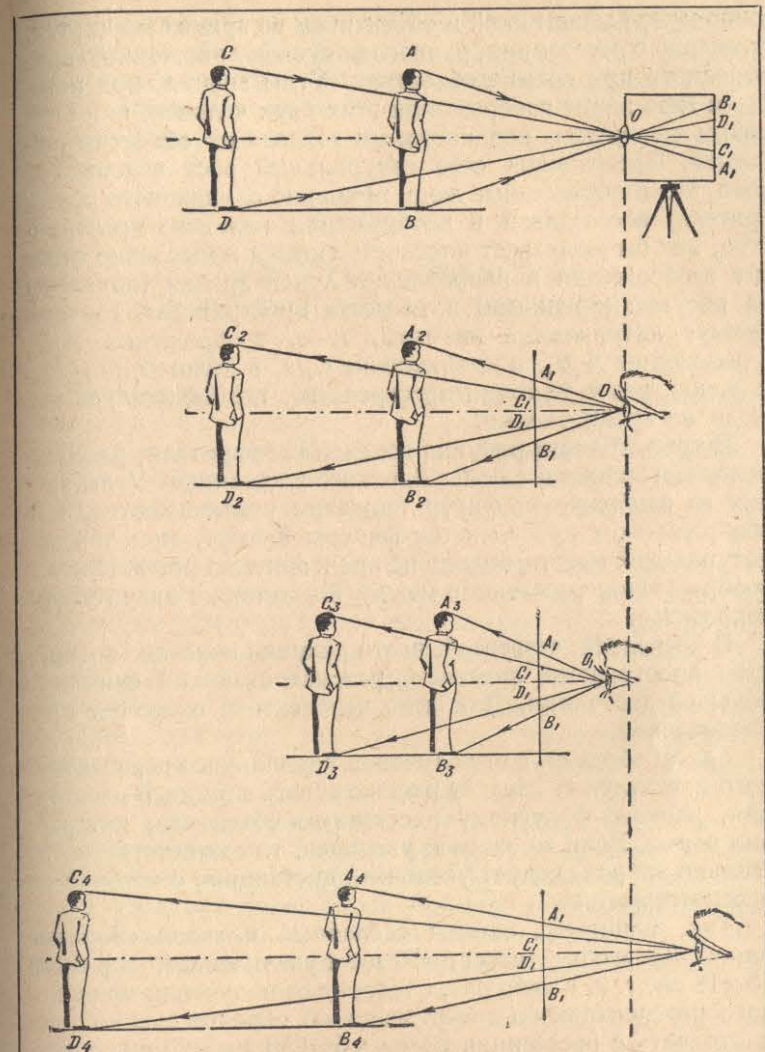


Рис. 126. Зависимость перспективного впечатления от расстояния, с которого рассматривается изображение

янию между пластинкой и объективом во время съемки, т. е. примерно с расстояния, равного фокусному расстоянию примененного при съемке объектива. Углы зрения, под которыми глаз видит изображения этих двух человек, при этом равны тем углам, под которыми «видел» их объектив при съемке. Представляя себе натуральный рост человека и зная, что изображенные люди примерно одинакового роста, зритель, воссоздавая в воображении иллюзию пространства, как бы разрывает плоскость снимка и мысленно относит изображения в направлении лучей зрения (показаны на рисунке стрелками) в те места пространства, где они примут натуральные размеры, т. е. изображения A_1B_1 в положение A_2B_2 , а изображение C_1D_1 в положение C_2D_2 , т. е. как раз в те точки пространства, где находились эти люди во время съемки.

В третьей части рисунка показан глаз зрителя, рассматривающего снимок с более близкого расстояния. Углы зрения на изображения фигур при этом увеличиваются, и в воображаемом пространстве фигуры займут, при той же натуральной высоте, более близкие к зрителю места. Причем воображаемое расстояние между ними также значительно сократится.

В последней, четвертой, части рисунка показано восприятие пространства зрителем, рассматривающим снимок с большей дистанции. Для него перспектива окажется преувеличенной.

Таким образом, для получения правильного перспективного впечатления следует рассматривать снимки с расстояния, равного фокусному расстоянию объектива, которым они сняты. Если же снимок увеличен, то соответственно во столько же раз следует увеличить дистанцию, с которой он рассматривается.

Так, например, снимок сделанный камерой «Зоркий» или «Киев» с объективом $f=50$ мм и увеличенный на размер 13×18 см, т. е. в пять раз, следует для получения правильного перспективного впечатления об объекте съемки рассматривать с расстояния $50 \text{ мм} \times 5 = 250 \text{ мм} = 25 \text{ см}$, а снимок, сделанный камерой «Фотокор» с объективом $f=135$ мм и увеличенный на размер 18×24 см, т. е. в два раза, следует рассматривать с расстояния $135 \text{ мм} \times 2 = 270 \text{ мм} = 27 \text{ см}$.

Рекомендуется учитывать это обстоятельство при выборе размера увеличения. Причем, зная это правило, можно не только добиваться правильного перспективного впечатле-

ния от снимка, но при желании достигать усиления или ослабления перспективы.

Вполне понятно, что в тех случаях, когда при увеличении печатается лишь часть изображения, в расчет надо принимать не размер отпечатка, а величину общего увеличения.

СВЕТОСИЛА ОБЪЕКТИВА И ОСВЕЩЕННОСТЬ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Весьма важной характеристикой объектива является его светосила.

Под светосилой объектива понимается его способность давать изображение той или иной степени освещенности.

Вполне понятно поэтому, что от светосилы зависит величина выдержки при съемке.

Зависимость светосилы от диаметра действующего отверстия объектива. Если мы возьмем два аппарата, объективы которых имеют одинаковые фокусные расстояния, но разные диаметры, и наведем оба аппарата на один и тот же объект, то изображение будет иметь большую освещенность в том аппарате, объектив которого имеет больший диаметр, так как этот объектив пропустит больше света. Если диаметр действующего отверстия этого объектива больше вдвое, то площадь отверстия больше в четыре раза, и объектив пропустит света в четыре раза больше. Следовательно, изображение, даваемое этим объективом, будет иметь освещенность тоже в четыре раза большую. Если диаметр действующего отверстия одного из объективов втрое больше другого, то изображение, даваемое первым объективом, будет иметь в девять раз большую освещенность (рис. 127).

Таким образом, освещенность изображения, даваемого объективом, прямо пропорциональна квадрату диаметра действующего отверстия этого объектива.

Заметим, что диаметр действующего отверстия объектива нельзя измерять по диаметру линзы или диафрагмы. Диаметр действующего отверстия объектива определяется диаметром того параллельного пучка света, который объектив способен пропустить (рис. 128).

Поэтому для практического определения диаметра действующего отверстия следует навести аппарат на удаленный предмет (т. е. поставить матовое стекло в фокальную плоскость) и, заменив матовое стекло листом картона с маленьким отверстием в центре, поместить позади этого отвер-

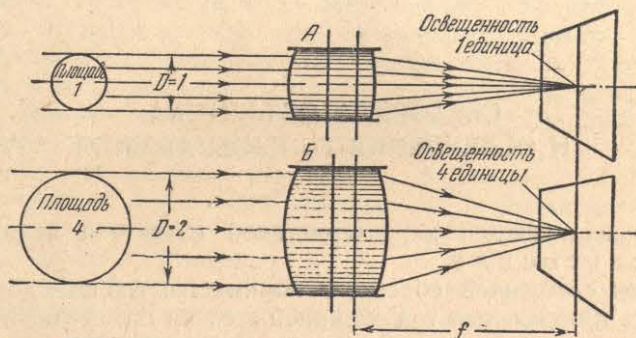


Рис. 127. Зависимость светосилы от диаметра действующего отверстия объектива.
Светосила объектива Б в четыре раза больше светосилы объектива А

стия источник света, изолировав его от остального пространства. Получится ход лучей, обратный тому, который изображен на рис. 128. Для удобства измерений можно по-

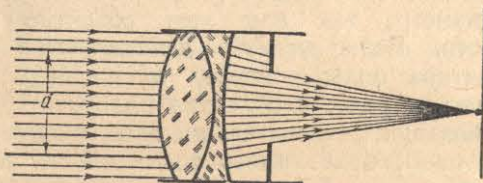


Рис. 128. Определение диаметра действующего отверстия объектива (d)

лучить изображение действующего отверстия на фотобумаге, проэкспонировав ее в контакте с объективом.

Зависимость светосилы от фокусного расстояния объектива. Если мы возьмем два аппарата, объективы которых имеют одинаковые действующие отверстия, но разные фокусные расстояния, и наведем оба аппарата на один и тот же достаточно удаленный предмет (чтобы изображения предмета получились приблизительно в фокальных пло-

скостях), то мы опять-таки получим изображения различной освещенности.

Дело в том, что хотя тот и другой объективы пропускают одинаковые количества света, но распределяется этот свет на разные площади, так как размеры изображений предмета различны в каждом из аппаратов.

Если фокусное расстояние первого объектива вдвое больше, то изображение, даваемое им, будет по своим

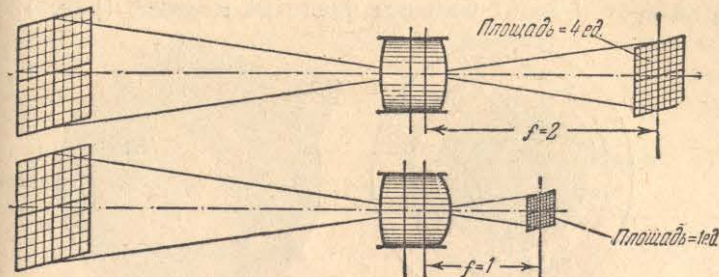


Рис. 129. Зависимость светосилы от фокусного расстояния

линейным размерам также вдвое больше изображения, даваемого вторым, а следовательно, по площади первое изображение будет больше второго в четыре раза. Освещенность первого изображения будет в четыре раза меньше, потому что такой же световой поток распределится здесь по площади вчетверо большей (рис. 129).

Таким образом, освещенность изображения, даваемого объективом, обратно пропорциональна квадрату фокусного расстояния объектива.

Объединяя обе зависимости в одну, можно написать:

$$\text{светосила} = \frac{d^2}{f^2} = \left(\frac{d}{f} \right)^2.$$

Относительное отверстие объектива. Величина $\frac{d}{f}$, представляющая собой отношение диаметра действующего отверстия объектива к его фокусному расстоянию, называется относительным отверстием объектива и обычно приводится в виде дроби с числителем 1.

Например, диаметр действующего отверстия объектива «Ортагоз» равен 30 мм, а фокусное расстояние его 135 мм. Значит, относительное отверстие объектива равно $\frac{30}{135} = \frac{2}{9}$, но принято писать не $\frac{2}{9}$, а $\frac{1}{4,5}$ или 1 : 4,5.

Собственной единицы измерения светосилы в обиходе нет. Характеризуют светосилу непосредственно величиной относительного отверстия, которая и указывается на оправе объектива.

Светосилы объективов относятся между собой, как квадраты относительных отверстий.

Поэтому при сравнении двух объективов по светосиле относительные отверстия этих объективов возводят в квадрат и делят большее число на меньшее (рис. 130).

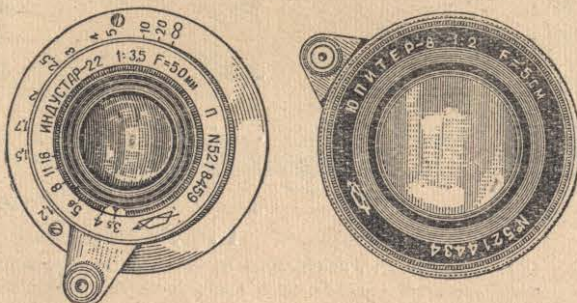


Рис. 130. Сравнение светосилы объективов

$$\left(\frac{1}{3,5}\right)^2 = \frac{1}{12} : \left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{1}{4} : \frac{1}{4} : \frac{1}{12} = 3.$$

При полном открытии диафрагмы объектив «Юпитер-8» в три раза светосильнее объектива «Индустар-22»

Шкалы диафрагм. В практике работы часто приходится уменьшать действующее отверстие объектива. (Делается это чаще всего для увеличения глубины резкости, о чем будет подробно сказано в следующей главе.)

Уменьшается отверстие посредством диафрагмы объектива. В советских фотоаппаратах применяются только ирисовые диафрагмы, состоящие из отдельных лепестков и дающие возможность уменьшать отверстие плавно.

На оправе объектива наносится шкала с обозначением величин относительных отверстий при различных степенях диафрагмирования. Поскольку величины относительных отверстий всегда выражаются дробью с числителем 1, то, чтобы не загромождать шкалу цифрами, на ней проставляются только знаменатели (например, 4,5 вместо 1 : 4,5) *.

* Раньше существовало много разных систем обозначения диафрагм, но теперь повсеместно принята система обозначения в относительных отверстиях. Другие же системы можно встретить лишь на очень старых объективах.

Отметки на шкале наносятся с таким расчетом, что при переходе от одной отметки к другой площадь действующего отверстия объектива изменяется в два раза, а значит, в два раза изменяется и освещенность изображения. Это упрощает расчеты выдержки при изменении диафрагмы: перевод указателя диафрагмы на одно деление шкалы требует изменения выдержки в два раза (при прочих равных условиях и требованиях к негативу).

Чтобы упростить расчеты выдержки также и при смене объективов, шкалы на различных объективах размечают в одних и тех же величинах, т. е. за основу принимают определенный ряд относительных отверстий, составленный по указанному выше принципу.

В СССР сейчас принят следующий стандартный ряд значений относительных отверстий:

1:1,4	1:2	1:2,8	1:4	1:5,6	1:8	1:11	1:16	1:22	1:32
-------	-----	-------	-----	-------	-----	------	------	------	------

На многих распространенных объективах еще встречается такой ряд:

1:1,6	1:2,3	1:3,2	1:4,5	1:6,3	1:9	1:12,5	1:18	1:25	1:36
-------	-------	-------	-------	-------	-----	--------	------	------	------

В том, что тот и другой ряд составлен по принципу последовательного двукратного уменьшения светосил, легко убедиться, возведя в квадрат два соседних числа и разделив одно на другое.

Если взять любую пару чисел относительных отверстий через одно, то, даже не производя расчета, видно, что одно число больше другого вдвое, а следовательно, соответствующие светосилы разнятся вчетверо.

Максимальные относительные отверстия некоторых объективов (при полном открытии диафрагмы) не совпадают с числом принятого ряда. В этом случае, задиафрагмировав объектив на одно первое деление шкалы, получим снижение светосилы меньше чем в два раза. Это следует учитывать при расчете выдержек.

Например, объектив «Индустар-22» имеет максимальное относительное отверстие 1 : 3,5. Первая отметка шкалы диафрагм по стандартному ряду 1 : 4.

$$\left(\frac{1}{3,5}\right)^2 \approx \frac{1}{12}; \quad \left(\frac{1}{4}\right)^2 = \frac{1}{16}; \quad \frac{1}{12} : \frac{1}{16} = 1\frac{1}{3},$$

следовательно, если объектив задиафрагмировать до отметки 1 : 4, то светосила уменьшается не вдвое, а всего лишь в $1\frac{1}{3}$ раза.

Изменение светосилы объектива при съемке близких предметов. Определяя относительное отверстие, как отношение $\frac{d}{f}$, мы считали, что изображение получается в фокальной плоскости или, во всяком случае, вблизи нее.

При съемке же близких предметов изображение находится не в фокальной плоскости, а дальше от объектива. При съемке предмета в натуральную величину плоскость изображения, например, отстоит от объектива на расстоянии $2f$. Значит, относительное отверстие равно в этом случае не $\frac{d}{f}$, а $\frac{d}{2f}$, т. е. будет меньше в два раза; светосила же объектива уменьшится в четыре раза.

При съемке предметов, находящихся от объектива дальше, чем на 10 фокусных расстояний, изменение светосилы сравнительно невелико и при расчете выдержки им можно пренебречь. При съемке же более близких предметов нужно определять выдержку обязательно с учетом изменившейся светосилы (см. табл. 3).

Таблица 3
Изменения выдержки при съемке близких предметов

Расстояние от объектива до предмета (число фокусных расстояний)	Во сколько раз уменьшится относительное отверстие объектива (по сравнению с указанным на шкале)	Во сколько раз надо увеличить выдержку
10	1,11	1,25
9	1,12	
8	1,14	
7	1,17	1,5
6	1,20	
5	1,25	
4	1,33	
3	1,50	1,75
2½	1,66	2,25
2 (съемки в натуральную величину)	2,00	2,75
		4

Изменение светосилы объектива при применении насадочных линз. При применении насадочных линз светосила объектива тоже изменяется, так как изменяется фокусное расстояние объектива.

Перерасчет шкалы относительных отверстий (шкалы диафрагм) в этом случае очень прост, так как относительные

отверстия изменяются обратно пропорционально фокусным расстояниям. Следовательно, во сколько раз увеличивается фокусное расстояние объектива при применении насадочной линзы, во столько же раз уменьшаются все значения шкалы относительных отверстий, и наоборот.

Так, например, фокусное расстояние объектива «Ортагоз», равное 135 мм, увеличили при помощи отрицательной насадочной линзы с оптической силой —2,5 диоптрии. Нетрудно подсчитать, что фокусное расстояние системы стало равным около 200 мм, т. е. по сравнению с прежним стало больше приблизительно в 1,5 раза. Значит, и все числа шкалы следует также увеличить в 1,5 раза.

Вместо ряда 4,5—6,3—9 . . . и т. д. получим ряд 6,8—9,5—13,5 . . . и т. д.

Расчет выдержек в данном случае можно вести еще проще: поскольку значения относительных отверстий уменьшились в 1,5 раза, то выдержки следует увеличить в $1,5^2=2,25$ раза по сравнению с теми, какие бы следовало давать без насадочной линзы.

Изменение светосилы при применении насадочных линз происходит у всех объективов обычного типа, линзы которых неподвижно закреплены в одной общей оправе. У объективов же, которые фокусируются передней линзой, как, например, «Индустар-23» (фотоаппараты «Москва»), «Т-21» («Комсомолец») и «Т-22» («Любитель»), шкалы диафрагм сохраняют свои значения независимо от применяемой насадочной линзы. Происходит это потому, что в объективах подобной конструкции с уменьшением фокусного расстояния в такой же мере автоматически (оптически) уменьшается диаметр того пучка лучей, который способен пропустить объектив, т. е. уменьшается диаметр действующего отверстия. А раз это так, то отношение $\frac{d}{f}$ остается неизменным.

Падение освещенности изображения к краю. Освещенность изображения не одинакова по всему полю зрения объектива. Центр поля всегда освещен сильнее, края — слабее. Даже в пределах используемой центральной части поля зрения (т. е. в поле изображения) освещенность падает от центра к краям. Особенно заметен спад освещенности при применении широкоугольных объективов.

При диафрагмировании освещенность поля становится более равномерной. Применяя широкоугольные объективы, не следует забывать о явлении спада освещенности к краям и по возможности при съемке принимать некоторые меры: большее диафрагмирование объектива, не-

которое увеличение выдержки с учетом проработки краевых частей, такое расположение объекта в кадре, при котором уменьшение освещенности по краям кадра не так вредило бы впечатлению от снимка, соответствующее освещению объекта (если съемка ведется при искусственном освещении) и пр.

Несмотря на принятые меры, все же иногда негатив получается в центре более плотным, чем по краям. Окончательное выравнивание можно произвести при увеличении с негатива (добавочно экспонируя центральную часть, прикрывая края). Следует заметить, что в большинстве увеличителей центр экрана бывает освещен сильнее, нежели края. Этот недостаток как раз в значительной мере компенсирует спад плотностей к краям негатива и делает излишним добавочное экспонирование центральной части.

Светопропускание объектива и эффективная светосила. Вводя понятие светосилы и характеризуя ее величиной относительного отверстия $\frac{d}{f}$, мы допускали, что пучок света, имеющий при входе в объектив диаметр, равный d , полностью достигает плоскости пленки и образует изображение. На основании этого допущения мы и сделали вывод, что два различных объектива, если их относительные отверстия одинаковы, дают равноосвещенные изображения одного и того же объекта. Между тем это не вполне так.

Дело в том, что не весь световой поток, поступивший в объектив, достигнет пленки; часть его поглотится массой стекла, которое не является абсолютно прозрачным, и часть отразится от поверхностей линз.

Потери света за счет поглощения сравнительно невелики; в среднем можно считать, что на протяжении 1 см длины хода луча в массе оптического стекла теряется 1% света. Потери же за счет отражения значительно больше — в среднем теряется 5% света на каждой границе между воздухом и стеклом (столько же и на каждой границе при выходе из стекла в воздух).

Конструкции фотообъективов весьма различны: наряду с применением объективов, состоящих всего из одной линзы (монокль), применяются сложные объективы, имеющие 8—10 границ стекло — воздух. В простейших объективах потери света составляют всего лишь около 10%, а в сложных доходят до 50% и даже больше.

При таком положении весьма полезно ввести понятие эффективной светосилы объектива, т. е. светосилы с учетом световых потерь.

Пусть Φ — световой поток, вошедший в объектив, а Φ_1 — световой поток, вышедший из объектива.

Отношение $\frac{\Phi_1}{\Phi} = T$ называется коэффициентом светопропускания объектива.

Измерение световых потоков производится в оптических лабораториях при помощи фотоэлемента, соединенного с гальванометром.

Коэффициент светопропускания T всегда выражается числом, меньшим 1, так как вышедший световой поток всегда меньше, чем поток, вошедший в объектив.

Величина T показывает, какая часть упавшего на объектив света проходит сквозь объектив и участвует в построении изображения на пленке.

Если нам известны коэффициенты светопропускания двух объективов, то мы можем сравнивать эти объективы уже не по теоретической светосиле $\left(\frac{d}{f}\right)^2$, а по эффективной светосиле, которая выражается, как $\left(\frac{d}{f}\right)^2 \cdot T$, и которая прямо пропорциональна действительной освещенности изображения, даваемого конкретным объективом.

Так, например, если у сравниваемых объективов (см. рис. 130) $T_{\text{«Индустара»}} = 0,6$ а $T_{\text{«Юпитера»}} = 0,8$ (цифры условные), то эффективная светосила «Индустара» будет равна $\frac{1}{12} \cdot 0,6 = 0,05$, а эффективная светосила «Юпитера» $\frac{1}{4} \cdot 0,8 = 0,20$, т. е. «Юпитер» будет светосильнее в $\frac{0,20}{0,05} = 4$ раза, а не в три раза, как это предположили мы, не учитывая коэффициента светопропускания.

Просветление объективов. Для увеличения светопропускания объективов наша оптическая промышленность широко применяет метод просветления.

Просветление объектива заключается в нанесении на поверхности линз, граничащие с воздухом, тончайших прозрачных пленок из материала, преломляющая способность которого меньше преломляющей способности стекла.

Просветление в значительной мере уменьшает отражение света от поверхностей линз и тем самым увели-

чивает коэффициент светопропускания объектива, а значит, и эффективную светосилу.

Особенно сказывается влияние просветления на сложных объективах, имеющих 6—10 и более границ воздух — стекло. Коэффициент светопропускания сложных объективов повышается от 0,6—0,7 до 0,85—0,9, т. е. объектив после просветления начинает пропускать света на 20—25% больше, чем до просветления.

Значение просветления объективов не только в повышении светосилы. Негативы, снятые не просветленными объективами, при прочих равных условиях обладают меньшей контрастностью за счет меньшей прозрачности в темных частях.

Происходит это потому, что свет, отраженный поверхностями линз объектива (начиная со второй поверхности), в некоторой своей части проникает внутрь аппарата и, не участвуя в построении изображения на светочувствительном слое, создает засветку, образуя на негативе добавочную равномерную плотность — «вуаль» (рис. 131).

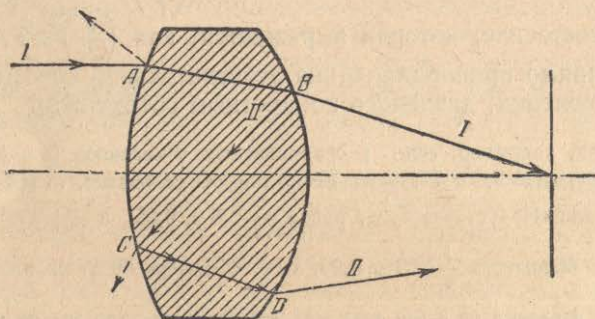


Рис. 131. Схема светорассеяния.

Луч I в точке B разделится на два луча. Основной луч I участвует в образовании изображения, а луч II, претерпев отражение в точке C и преломление в точке D, проникает внутрь аппарата и образует «вуаль»

Для примера представим себе такой случай.

Снимаемый объект имеет наибольшую яркость 200 (в любых условных единицах), наименьшую яркость 2; следовательно, интервал яркостей, т. е. отношение яркости самой светлой детали к яркости самой темной детали, равен $\frac{200}{2} = 100$.

При идеальной передаче на светочувствительном слое был бы получен такой же самый интервал освещенностей, т. е. наибольшая освещен-

ность была бы равна 200 (в любых условных единицах), а наименьшая 2.

Однако при применении непросветленного объектива «паразитный» свет даст некоторую равномерную засветку всего изображения. Предположим, что величина этой засветки равна 2, значит, наибольшая освещенность окажется $200 + 2 = 202$, а наименьшая $2 + 2 = 4$. Интервал освещенностей будет равен уже не 100, а $\frac{202}{4} \approx 50$.

Допустим, что мы применили просветленный объектив и засветка изображения уменьшилась в два раза, т. е. стала равна 1. Интервал освещенностей равен $\frac{201}{3} = 67$ (рис. 132)*.

Светорассеяние в фотоаппарате. Явление, описанное выше, называется светорассеянием. Кроме описанной причины светорассеяние вызывается иногда целым рядом других причин: плохим качеством стекла объектива (наличие в массе стекла мелких пузырьков, свилей), царапинами на поверхностях линз объектива (особенно потертостями линз в центральной части), запыленностью линз объектива, плохим чернением внутренних частей оправы объектива, сколами стекла у краев линз, потертостями лепестков ирисовой диафрагмы или плохим их чернением, попаданием в объектив в момент фотографирования боковых лучей как прямого света от источников (солнце, лампы и пр.), так и сильного рассеянного света (от неба, от снега и пр.).

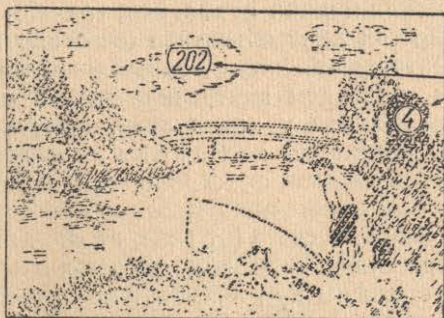
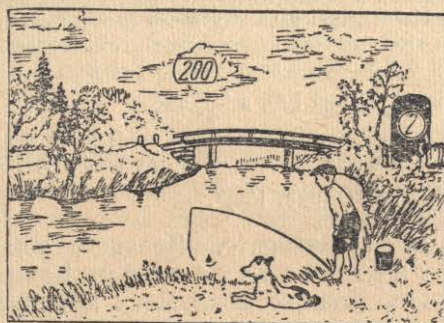
Причины светорассеяния, зависящие от состояния объектива, могут быть устранены при внимательном отношении к нему и тщательном уходе.

Последняя причина — засветка объектива — устраняется путем применения бленды, т. е. тубуса, надевающегося на переднюю часть оправы объектива и предохраняющего объектив от попадания боковых лучей. Применять бленду рекомендуется при всех съемках.

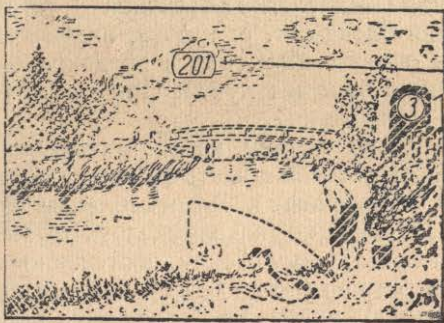
Сделать бленду легко самому из светонепроницаемой бумаги или картона. Внутренняя часть бленды должна быть хорошо вычернена и матирована. Длина бленды должна быть максимальной, т. е. нужно вначале сделать ее с запасом, затем, контролируя по матовому стеклу, постепенно надвигать на объектив до тех пор (но не далее), как исчезнет затемнение (каширование) углов изображения, и, сделав

* Мы здесь говорим лишь об интервале освещенностей, полученных на пленке или пластинке внутри фотоаппарата, а не об интервале плотностей негатива после обработки.

Количественные выражения плотностей будут иные, но они зависят от освещенностей светочувствительного слоя во время экспонирования его в фотоаппарате.



Засветка
2 единицы



Засветка
1 единица

Рис. 132. Влияние светорассеяния на интервал освещенности изображения

отметку, срезать лишнюю часть. Длина бленды для объектива фотоаппарата, не имеющего наводки по матовому стеклу, определяется пробными съемками.

ДИАФРАГМИРОВАНИЕ ОБЪЕКТИВА И ГЛУБИНА РЕЗКО ИЗОБРАЖАЕМОГО ПРОСТРАНСТВА

В начале II раздела говорилось, что каждому положению плоскости предмета соответствует свое строго определенное положение плоскости изображения.

Следовательно, на светочувствительном слое могут быть резко изображены лишь предметы, находящиеся в одной определенной плоскости. Любая точка, лежащая вне этой плоскости, изобразится уже не в виде точки, а в виде кружка (рис. 133). Если точка лежит сравнительно недалеко от этой плоскости (на рисунке плоскость EE),

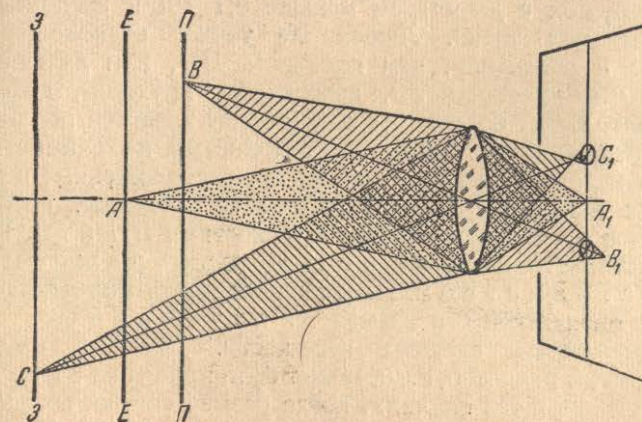


Рис. 133. Схема получения изображения, обладающего глубиной резкости

то кружок, ее изображающий, будет невелик; чем дальше — вперед или назад — от этой плоскости будет расположена точка, тем больше будет диаметр изображающего ее кружка.

Таким образом, изображения предметов, находящихся в плоскости *ЕЕ*, которая называется плоскостью наводки, будут состоять из точек и будут резкими. Изображения предметов, лежащих ближе или дальше этой плоскости, будут состоять из кружков большего или меньшего диаметра и не будут резкими.

Однако опытами установлено, что при рассматривании с расстояния 25 см, которое считается для нормального человеческого глаза расстоянием наилучшего зрения, кружки, диаметр которых не превышает 0,1 мм, воспринимаются как точки.

Таким образом, нам кажутся резкими на снимке не только те предметы, которые действительно изображены резко, но и те, которые в действительности изображены нерезко, но нерезкость которых не превосходит определенной величины.

Обратимся к рис. 133: точка *A* изобразится в виде точки *A*₁, точки *B* и *C* изобразятся в виде кружков рассеяния *B*₁ и *C*₁, диаметры которых равны 0,1 мм.

Любая точка, лежащая в пространстве между передней (*ПП*) и задней (*ЗЗ*) плоскостями, даст на изображении кружок с диаметром меньше 0,1 мм и воспримется глазом как точка. Любая же точка, расположенная ближе к объективу, чем плоскость *ПП*, или дальше от него, чем плоскость *ЗЗ*, изобразится кружком, диаметр которого будет больше 0,1 мм, и будет казаться нерезкой.

Следовательно, резко изображенными на снимке нам будут казаться не только предметы, расположенные в плоскости наводки *ЕЕ*, но также и те предметы, которые лежат в пространстве между плоскостями *ПП* и *ЗЗ*. Пространство это называют резко изображаемым пространством. Протяженность этого пространства вдоль оптической оси называется глубиной его.

Допустимые пределы нерезкости. Диаметр кружка рассеяния, равный 0,1 мм, может быть принят за норму резкости лишь в тех случаях, когда размер снимка позволяет рассматривать его с расстояния 25 см. Поэтому для размеров негатива 6×6 см и больше этот диаметр принимается за норму, учитывая, что если с негативов таких размеров будут производиться увеличенные отпечатки, то они и рассматриваться будут с соответственно увеличенного расстояния.

Для малоформатных негативов размером 24×36 мм требования к резкости должны быть повышены, так как

для того, чтобы рассматривать с нормального расстояния 25 см снимок, сделанный на такой размер негатива, его нужно увеличить в два-три раза, а при этом увеличатся и кружки рассеяния.

Для малоформатных негативов за норму резкости принят диаметр кружка рассеяния 0,05—0,03 мм.

Факторы, обуславливающие глубину резко изображаемого пространства. Глубина резко изображаемого пространства тем больше,

чем больше диаметр допустимого кружка рассеяния,
чем меньше фокусное расстояние объектива,

чем больше расстояние от объектива до плоскости наводки,

чем меньше диаметр действующего отверстия объектива.

Из этих четырех факторов первый является обусловленным размером снимка, второй — имеющимся объективом, третий — характером снимаемого объекта и лишь четвертый находится в полном и безусловном нашем распоряжении, и именно с помощью этого фактора мы и управляем глубиной резко изображаемого пространства, регулируя диаметр отверстия объектива изменением диафрагмы.

Можно, конечно, задиафрагмировать объектив так сильно, что наверняка получатся резко и ближние и дальние предметы, но:

во-первых, чрезмерное диафрагмирование заставит сильно увеличить выдержку, а это не всегда возможно и желательно (например, при съемке движущихся предметов, при съемке с рук);

во-вторых, излишняя резкость заднего плана часто бывает ненужной и даже вредной (например, при портретной съемке).

Умелое использование диафрагмирования заключается в том, чтобы получить резко изображаемое пространство именно в тех границах, в которых это необходимо, и чтобы относительное отверстие объектива (а следовательно, его светосила) было при этом наибольшим из возможных.

Практические расчеты глубины резко изображаемого пространства. В практике встречаются три рода задач:

- 1) получить резко изображаемое пространство от некоторого наиболее близкого предмета до бесконечности;
- 2) получить резко изображаемое пространство в определенных границах: от — до;

3) определить границы резко изображаемого пространства при наводке на определенный предмет, если диафрагмировать свыше известной величины мы не имеем возможности по условиям освещения и выдержки.

Каждая из этих задач может быть решена путем весьма простого расчета.

1

При наводке по дистанционной шкале аппарата на бесконечность резко изображаемое пространство начнется с расстояния, которое называется г и п е р ф о к а л ь н ы м р а с с т о я н и е м и может быть вычислено по следующей формуле:

$$D = \frac{f^2}{kz},$$

где D — гиперфокальное расстояние,
 f — фокусное расстояние объектива,
 k — знаменатель относительного отверстия (числа на шкале диафрагм объектива),
 z — принятый диаметр кружка рассеяния.

Так, например, для объектива «Ортагоз» $f = 135$ мм в аппарате «Фотокор № 1» размером 9×12 см, т. е. $z = 0,1$, при диафрагме $k = 9$ при наводке на ∞ резко изображаемое пространство начнется с

$$D = \frac{135^2}{9 \cdot 0,1} = \frac{18\,225}{0,9} = 20\,250 = 20 \text{ м } 25 \text{ см.}$$

Это и есть гиперфокальное расстояние для этого объектива при данной диафрагме.

Рекомендуется каждому фотолюбителю сделать для своего аппарата расчет гиперфокальных расстояний для всех диафрагм и таблицу иметь в записной книжке или наклеить на камеру.

Для фотоаппарата «Москва» размером 6×9 ($z = 0,1$), снабженного объективом «Индустар-23» ($f = 110$), таблица гиперфокальных расстояний будет иметь следующий вид:

Таблица 4
 Гиперфокальные расстояния для объектива $f = 110$ мм при $z = 0,1$

Числа шкалы диафрагм (k)	Гиперфокальное расстояние (D) в м
4,5	26,9
5,6	21,6
8	15,1
11	11,0
16	7,6
22	5,5
32	3,8

Наводка на ∞ не всегда целесообразна. Более практична наводка на гиперфокальное расстояние, так как при этом передняя граница резко изображаемого пространства будет находиться от аппарата на половине гиперфокального расстояния, а задняя граница в ∞ .

Например, если аппарат «Москва» с объективом $f = 110$ мм при диафрагме $k = 8$ навести на ∞ , то резко изображаемое пространство начнется с 15,1 м (см. табл. 4); если же наводку сделать на 15,1 м, то резко изображаемое пространство будет от 7 м 55 см до ∞ .

Это понятно из того, что если мы наводим на ∞ , то точки заднего плана объекта изображаются в виде точек, а поскольку нас устраивает изображение, состоящее из кружков диаметром 0,1, то мы имеем возможность перенести плоскость наводки ближе, а при этом передвинется ближе и передняя граница резко изображаемого пространства.

2

Желая получить резко изображаемое пространство в определенных границах, прежде всего нужно решить вопрос о том, на какое расстояние целесообразно произвести наводку.

Обратимся к рис. 133. Пусть $ПП$ и $ЗЗ$ — передняя и задняя границы пространства, которое должно быть резко изображенным. Нужно найти положение плоскости наводки $ЕЕ$ с таким расчетом, чтобы кружки рассеяния C_1 и B_1 были одинакового размера, так как в этом случае при последующем постепенном диафрагмировании объектива диаметры C_1 и B_1 одновременно достигнут предельной величины (0,1 или 0,05 мм). Если же положение $ЕЕ$ будет найдено неверно, то один из кружков (C_1 или B_1) достигнет предельной величины раньше, тогда как уменьшение другого кружка потребует добавочного диафрагмирования.

Расстояние до плоскости наводки при заданных границах резко изображаемого пространства находится так:

$$a = \frac{2a_2 \cdot a_1}{a_2 + a_1},$$

где a — расстояние от объектива до плоскости наводки,
 a_2 — расстояние до задней границы резко изображаемого пространства,
 a_1 — расстояние до передней границы резко изображаемого пространства.

Так, например, желая получить резко изображаемое пространство в пределах от 4 до 12 м от аппарата, наводить следует на дистанцию:

$$a = \frac{2 \cdot 12 \cdot 4}{12 + 4} = \frac{96}{16} = 6 \text{ м}^*.$$

Определив дистанцию наводки, следует подсчитать необходимую диафрагму. Это делается так:

$$k = \frac{f^2}{2z} \cdot \frac{a_2 - a_1}{a_2 \cdot a_1}$$

(обозначения прежние).

Пусть в нашем примере при наводке на 6 м и резко изображаемом пространстве от 4 до 12 м мы пользуемся фотоаппаратом «Москва» (объектив $f = 110 \text{ мм}$):

$$k = 60,5 \cdot \frac{12 - 4}{12 \cdot 4} = 60,5 \cdot \frac{8}{48} = 10.$$

Величину $\frac{f^2}{2z}$ полезно вычислить для своего фотоаппарата в метрах и приписать к таблице гиперфокальных расстояний. Это значительно упростит расчеты.

3

Определить переднюю и заднюю границы резко изображаемого пространства при наводке по определенному предмету и при известной диафрагме также очень легко, имея таблицу гиперфокальных расстояний:

$$a_1 = \frac{Da}{D+a}; \quad a_2 = \frac{Da}{D-a}$$

(обозначения прежние).

Например, аппаратом «Москва» при диафрагме $k = 8$ снимаем предмет, находящийся на расстоянии 5 м. Нужно определить переднюю и заднюю границы резко изображаемого пространства.

* Следует отметить, что встречающееся в некоторых руководствах указание о том, что можно наводить примерно на одну треть глубины объекта, является неверным. В приведенном примере при глубине объекта, равной 8 м, в соответствии с этим указанием можно наводить на расстояние $\frac{8}{3} = 2,7 \text{ м}$ от передней границы, т. е. на расстояние 6,7 м от аппарата, тогда как правильно наводить на 6 м. Чем дальше была бы расположена задняя граница объекта, тем больше была бы ошибка. Этим неправильным указанием, вероятно, и вызываются столь частые у любителей ошибки, выражающиеся в недостаточной резкости переднего плана снимка и чрезмерной резкости заднего плана.

Гиперфокальное расстояние при $k = 8$ находим по табл. 3; оно равно 15,1 м. Можно брать округленно 15 м:

$$a_1 = \frac{15 \cdot 5}{15 + 5} = \frac{75}{20} = 3,75 \text{ м},$$

$$a_2 = \frac{15 \cdot 5}{15 - 5} = \frac{75}{10} = 7,5 \text{ м}.$$

Все расчеты при известном навыке и при предварительной заготовке таблицы гиперфокальных расстояний крайне просты. Рекомендуется при расчетах пользоваться округлением чисел.

Опыт показывает, что расчеты требуют не больше времени, чем пользование громоздкими таблицами, имеющимися в справочниках, так как в этих таблицах часто не оказывается именно тех расстояний, с которыми пришлось встретиться, а это вынуждает прибегать к интерполированию (нахождению промежуточных значений), что требует дополнительного времени.

Калькуляторы для расчета глубины резко изображаемого пространства. Для быстрого, механического определения границ резко изображаемого пространства на оправы некоторых объективов нанесены шкалы глубины, состоящие из основной риски, по обе стороны которой симметрично расположены штрихи с цифрами, соответствующими ряду диафрагм.

Скользя вдоль дистанционной шкалы, шкала глубины устанавливается так, чтобы основная риска ее была совмещена с делением дистанционной шкалы соответствующим расстоянию, на которое произведена наводка на резкость. Тогда штрихи с цифрами определенной диафрагмы по обе стороны основной риски укажут на дистанционной шкале соответственно расстояния до передней и задней границ резко изображаемого пространства.

Так, например, на рис. 134, А основная риска шкалы глубины установлена приблизительно против расстояния 4,6 м дистанционной шкалы. Штрихи, соответствующие обозначениям диафрагм, показывают, что при диафрагме, например, 8 резко изображаемое пространство будет в границах от 3 до 10 м, а при диафрагме 11 — в границах от 2,6 до 19 м.

Удобны в обращении так же дисковые калькуляторы глубины резко изображаемого пространства (рис. 134, Б). На нижнем (внешнем) диске наносится дистанционная шкала, на верхнем (внутреннем) — шкала диафрагм. Стрелка

указателя верхнего диска устанавливается против расстояния наводки на нижнем (внешнем) диске. Расстояния до передней и задней границ прочитываются на нижнем диске против соответствующих штрихов диафрагмы верхнего диска по обе стороны указателя.

Дисковые калькуляторы, как и калькуляторы на оправках объективов, позволяют решать и обратную задачу — определять расстояние до плоскости наводки и диафрагму, необходимые для получения резко изображаемого пространства в заданных границах.

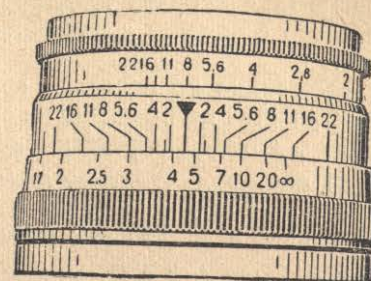
При пользовании калькулятором всегда нужно знать: с расчетом на какой диаметр кружка рассеяния он сделан, так как, чем больше принята допустимая норма нерезкости (чем больше диаметр принятого кружка рассеяния), тем большую глубину резко изображаемого пространства покажет калькулятор при прочих одинаковых условиях.

Так, например, при одинаковом расстоянии до плоскости наводки и при одинаковой диафрагме глубина резко изображаемого пространства, определенная по шкалам на оправке объектива «Юпитер-8» (в аппарате «Киев»), окажется больше, чем определенная по шкалам объектива «ФЭД» (в аппарате «ФЭД»), хотя и тот и другой объектив имеют одинаковое фокусное расстояние. Это, конечно, не значит, что объектив «Юпитер» дает большую глубину, чем объектив «ФЭД». Дело в требованиях, которые предъявлены к резкости изображения: шкалы на объективе «ФЭД» рассчитаны по кружку рассеяния $z=0,03$ мм, а шкалы на объективе «Юпитер» по кружку рассеяния $z=0,05$ мм. К сожалению, в нашей фотопромышленности до сих пор не установлен стандарт для шкал глубины.

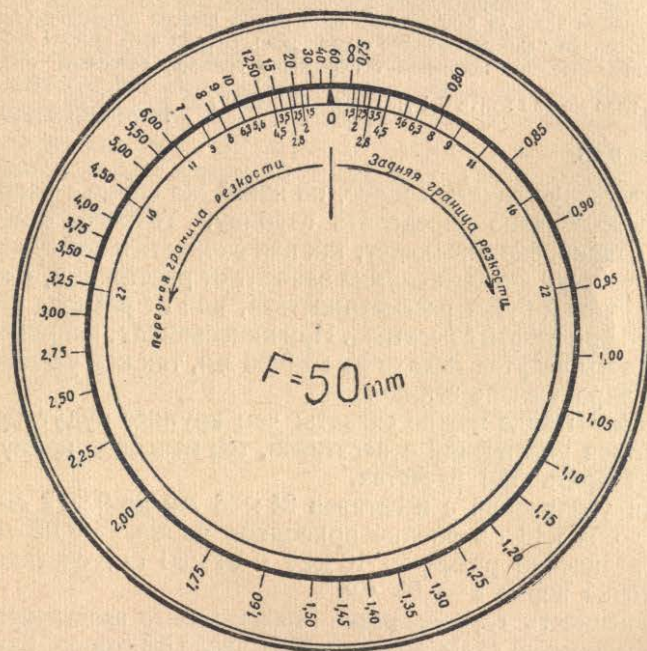
Так, одни объективы для малоформатных камер имеют калькуляторы, показывающие глубину резко изображаемого пространства, исходя из нормы $z=0,03$ мм (например, «ФЭД», некоторые выпуски «Индустар-22»), другие — $z=0,04$ мм (последние выпуски «Юпитер»), или $z=0,05$ мм (некоторые выпуски «Индустар-22», ранние выпуски «Юпитер»).

Выяснить, из расчета какого диаметра кружка рассеяния нанесена шкала глубины на объективе, можно следующим способом.

Установите основную риску шкалы глубины против отметки ∞ на дистанционной шкале. Определите переднюю границу резко изображаемого пространства при произвольно



А



Б

Рис. 134. Калькуляторы глубины резкости:
А — шкала глубины резкости на оправе объектива малоформатного аппарата, Б — дисковый калькулятор глубины резкости

выбранной диафрагме (лучше брать ту диафрагму, штрих которой наиболее точно совпадает с каким-либо штрихом шкалы расстояний).

Известно, что расстояние до передней границы резко изображаемого пространства при наводке на ∞ есть гиперфокальное расстояние, которое определяется по формуле $D = \frac{f^2}{kz}$ (см. стр. 152). Формула эта может быть переписана

для определения z в таком виде: $z = \frac{f^2}{kD}$; подставив в правую часть значения величин f , k и D , определяем диаметр кружка рассеяния z . При этом следует помнить, что все величины надо брать в одинаковых единицах измерения, лучше всего в миллиметрах.

Например: в аппарате «Киев» с объективом «Юпитер-8» $f = 50$ мм устанавливаем знак ∞ против основной риски шкалы диафрагм (т. е. ставим объектив в фиксированное положение). Штрих «16» шкалы диафрагм приблизительно показывает переднюю границу резкости около 3 м. На глаз можно взять 3,1 м. Следовательно: $z = \frac{50^2}{16 \cdot 3100} = \frac{2500}{49600} \approx \frac{25}{500} = 0,05$.

Естественно задать вопрос, по какой же норме z наиболее целесообразно определять глубину. Точного ответа здесь, однако, быть не может, так как окончательное суждение о резкости деталей снимка зависит от расстояния, с которого снимок будет рассматриваться, или от размера увеличения при печати с негатива. При киносъемках, например, все расчеты ведутся исходя из $z = 0,03$ мм, так как увеличение на экране очень велико.

В общем виде можно сказать: чем крупнее будут производиться увеличения с негативов, тем меньшую норму z следует брать при расчетах.

Для увеличений с негативов 24×36 мм до 9×12 см и даже до 13×18 см вполне приемлема норма $z = 0,05$ мм; для увеличений размером 18×24 и 24×30 см, очевидно, достаточна норма $z = 0,04$ мм.

Зависимость глубины резко изображаемого пространства от разрешающей силы объектива. В числе факторов, влияющих на глубину резко изображаемого пространства, нами не указана конструкция объектива.

Значит ли это, что объективы всех типов при равном фокусном расстоянии и равном относительном отверстии дают одну и ту же глубину?

Чтобы разобраться в этом вопросе, следует вспомнить, что по причине aberrаций изображения предметов, даже находящихся в плоскости наводки, не являются абсолютно резкими и что объективы обладают не одинаковой разрешающей силой. Любая точка предмета изображается не точкой, а кружком рассеяния; причем размер кружка тем больше, чем меньше разрешающая сила объектива.

Следовательно, точка A_1 (см. рис. 133), строго говоря, не точка, а тоже кружок.

Диаметры кружков C_1 и B_1 будут оценены глазом в сравнении их с диаметром кружка A_1 . Если мы, условно приняв A_1 за точку, допустили для диаметров C_1 и B_1 размер 0,1 мм, то в случае, когда A_1 имеет довольно ощутимый размер, размеры допустимых диаметров для C_1 и B_1 следует также соответственно увеличить.

Рассматривая снимок, мы невольно оцениваем резкость отдельных его частей сравнительно друг с другом. Чем меньше резкость изображения предметов, лежащих в плоскости наводки, тем менее требовательны мы и к резкости предметов, ближе и дальше расположенных. Поэтому обычно кажется, что снимки, сделанные мягкорисующими объективами (с малой разрешающей силой), обладают большей глубиной.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Раздел I. ФОТОАППАРАТЫ. А. В. Соколов.	3
Устройство и классификация аппаратов	3
Механизмы и узлы	15
Современная фотоаппаратура	57
Эксплуатация фотоаппаратов	75
Раздел II. ЭЛЕМЕНТАРНАЯ ФОТООПТИКА. П. А. Ногин. . .	87
Фотографический объектив и образование изображения	87
Аберрации	96
Разрешающая сила объектива	106
Фокусное расстояние объектива и масштаб изображения	111
Угол и поле изображения	118
Перспектива	124
Светосила объектива и освещенность изображения	137
Диафрагмирование объектива и глубина резко изображаемого пространства	149

Александр Владимирович Соколов

Павел Алексеевич Ногин

ФОТОАППАРАТЫ И ОПТИКА

Редактор *А. Н. Телешев*

Художественный редактор *З. В. Воронцова*. Оформление художника *Г. Б. Лебедева*.
Технический редактор *З. Н. Малек*. Корректор *Е. М. Станкевич*

Сдано в набор 20/1 1958 г. Подп. к печати 14/V 1958 г. Форм. бум. 84×108¹/₃₂.
Печ. л. 5,19 (усл. л. 8,51). Уч.-изд. л. 9,01. Тираж 200 000 экз. Ш03457.
«Искусство», Москва И-51, Цветной бульвар, 25. Изд. № 16213. Зак. 1360.

Первая Образцовая типография имени А. А. Жданова
Московского городского Совнархоза.
Москва, Ж-54, Валуевская, 28.

Цена 3 р. 20 к.

- 30



71